



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências – Câmpus de Botucatu/Rio Claro
Seção Técnica de Pós-Graduação



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL (INTERUNIDADES)

O impacto das mudanças no uso da terra e riqueza de flores na comunidade de abelhas Meliponini na Serra do Japi, Jundiaí-SP

Ian Meireles da Cunha

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Rio Claro, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Interunidades entre o Instituto de Biociências do câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do câmpus de Rio Claro.

RIO CLARO – SP
2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Instituto de Biociências – Câmpus de Botucatu/Rio Claro
Seção Técnica de Pós-Graduação



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL (INTERUNIDADES)

O impacto das mudanças no uso da terra e riqueza de flores na comunidade de abelhas Meliponini na Serra do Japi, Jundiaí-SP

Ian Meireles da Cunha
Orientadora: Dra. Leonor Patricia Cerdeira Morellato

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Rio Claro, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Interunidades entre o Instituto de Biociências do câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do câmpus de Rio Claro.

RIO CLARO – SP
2025

D119i

Da Cunha, Ian Meireles

O impacto das mudanças no uso da terra e riqueza de flores na comunidade de abelhas Meliponini na Serra do Japi, Jundiaí-SP / Ian Meireles Da Cunha. -- Rio Claro, 2025

83 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro

Orientadora: Leonor Patricia Cerdeira Morellato

1. Levantamento de espécies. 2. Ecologia da paisagem. 3. Abelhas sem Ferrão. 4. Serrado Japi. I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "O IMPACTO DAS MUDANÇAS NO USO TERRA E RIQUEZA DE FLORES NA COMUNIDADE DE ABELHAS MELIPONINI NA SERRA DO JAPI, JUNDIAÍ-SP"

AUTOR: IAN MEIRELES DA CUNHA

ORIENTADORA: LEONOR PATRICIA CERDEIRA MORELLATO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Biologia Vegetal, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. LEONOR PATRICIA CERDEIRA MORELLATO (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade / Unesp IB Rio Claro



Prof.^a Dr.^a ISABEL ALVES DOS SANTOS (Participação Presencial)
Departamento de Ecologia / Universidade de São Paulo - USP/SP



Prof. Dr. PEDRO JOAQUIM BERGAMO (Participação Presencial)
Departamento de Biodiversidade / Instituto de Biociências - UNESP Rio Claro

Rio Claro, 30 de janeiro de 2025

TÍTULO ALTERADO PARA: "O IMPACTO DAS MUDANÇAS NO USO DA TERRA E RIQUEZA DE FLORES NA COMUNIDADE DE ABELHAS MELIPONINI NA SERRA DO JAPI, JUNDIAÍ-SP"

Agradecimentos:

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa e financiamento das atividades de campo através do edital CNPq (401577/2022-8).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processo nº(2021/10639-5). As opiniões, hipóteses e conclusões ou recomendações expressas neste material são de responsabilidade do autor e não necessariamente refletem a visão da FAPESP.

Ao Departamento de Biodiversidade, em especial a Seção de Pós-graduação do IB, nas pessoas de Meire de Oliveira e Ivana Brandt e ao Programa de Biologia Vegetal pela estrutura física e intelectual necessária para a produção deste trabalho.

Agradeço às equipes e famílias da Fundação Japi, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Associação Mata Ciliar, Etec Benedito Storani, Fazenda Ribeirão, Fazenda Bonifácio, Fazenda Montanhas do Japi. Pelo apoio e autorização para entrada em áreas de acesso restrito para a execução deste trabalho.

Agradeço à minha orientadora Patrícia Morellato, que me deu liberdade para desenvolver o meu projeto, acreditando nas minhas capacidades intelectuais, e me proporcionou o fomento necessário para que fizesse um projeto com dignidade e prazer, tornando possível o meu desenvolvimento enquanto cientista. Sem a postura firme e a visão científica dela, este projeto e a minha formação jamais seriam possíveis.

À Yasmine Antonini, pela co-orientação assertiva, empréstimo de equipamentos de campo e boas conversas que tivemos. A Favízia de Freitas de Oliveira agradeço pela imensa biblioteca de artigos que foi gentilmente cedida a mim, pelas identificações e disposição em ensinar sobre identificação de Meliponini. Pela confirmação de identificações botânicas agradeço Julio Lombardi.

Agradeço aos membros da banca examinadora de qualificação: Pietro Maruyama, Pedro Bergamo e Maurício Bacci pelas sugestões para o aperfeiçoamento do trabalho. Aos membros da banca de defesa: Patrícia Morellato, Pedro Bergamo e Isabel Alves dos Santos.

Aos meus amigos e familiares que me deram suporte durante esta jornada. Especialmente a Yolanda Portella, João Vitor Puttini Paixão que foram meus ajudantes de campo e ouvintes de muitas insatisfações. Cláudio da Cunha, meu pai, que me abriu os olhos para o mundo natural e me ensinou a sentir amor pela natureza desde o início da minha existência. À Priscila Loiola pelo brilhantismo nas discussões sobre o desenho amostral, estatística, ecologia e boas conversas.

Agradeço aos membros do laboratório de fenologia, com agradecimento especial para Monize Altomare, pelas horas a fio dedicadas a me ajudar na análise e interpretação dos meus dados, além de dicas e sugestões na escrita deste trabalho.

Aos membros do Espeleogrupo Rio Claro (AGRIC), meus irmãos de aventura, que me proporcionaram a alegria necessária para suportar essa jornada.

Epígrafe:

Soneto sem ferrão

O dia se abre em luz e cor
Acorda e sai bem cedo quem travaia
Desse jeito faz bonito a Mandaçaia
Vai lá visitar o assa peixe em flor.

Na florada chega forte a Jataí
Se tem Arapuá e Mandaguari, é briga na certa
É porque a demanda anda maior que a oferta
Assim não sobra nada para a Iraí

Que fica de fora com sua timidez
Olha aqui, rasgando flores, é Guaxupé.
Outra ali, acobreada e cheia de barro, é Manduri!

O dia se foi com rapidez..
As operárias sempre voando, nunca a pé.
E se não fosse elas, o que seria disso aqui?

Ian Meireles da Cunha

Resumo

O cenário atual de mudanças no uso de solo e aumento da influência humana nos espaços naturais, como uso indiscriminado de insumos agrícolas, afetam os serviços ecossistêmicos essenciais providos pela natureza. Um desses serviços é o de polinização, relacionado a oferta de flores e a manutenção de abelhas, principais polinizadores das flores e essenciais para a formação de frutos em muitas espécies de plantas de importância econômica. Neste contexto, o presente estudo investigou a relação entre variáveis ambientais e riqueza de plantas floridas com a riqueza e abundância de abelhas sem ferrão (*Meliponini*) na Serra do Japi, um importante fragmento de Mata Atlântica no estado de São Paulo. Foram realizadas coletas ao longo de um ano, divididas em oito períodos, utilizando transectos para capturar abelhas e coletar amostras de angiospermas floridas. O objetivo do estudo foi avaliar o efeito do grau de antropização e da riqueza de flores na comunidade de *Meliponini*, importantes polinizadores de plantas nativas e de culturas. As coletas abrangeram três classes de uso do solo: Floresta Conservada, Floresta Perturbada e Agromosaico. Durante o levantamento, foram registradas 48 espécies de angiospermas floridas visitadas por 28 espécies de *Meliponini*, das quais 17 foram encontradas na Floresta Conservada, 13 na Floresta Perturbada e 15 no Agromosaico. A composição da comunidade de *Meliponini* variou significativamente entre as classes de uso do solo, com *Melipona quadrifasciata* e *Melipona marginata* predominando nas áreas de Floresta Conservada, e *Tetragonisca angustula* associada ao Agromosaico. A riqueza de espécies de *Meliponini* foi significativamente maior na Floresta Conservada, indicando que essas áreas oferecem melhores condições em termos de recursos florais e locais de nidificação. A riqueza e diversidade de *Meliponini* apresentaram relações positivas com a riqueza de plantas floridas independente da classe de uso do solo amostrada. A diferença na composição de espécies entre as áreas de Floresta Conservada, Floresta Perturbada e Agromosaico destaca a importância da conservação das florestas para a manutenção da diversidade de polinizadores. Este estudo é uma contribuição relevante para o entendimento da diversidade de *Meliponini* em florestas estacionais semidecíduais e da influência da

riqueza de plantas com flores e alterações no uso do solo. É também o primeiro levantamento detalhado da fauna de abelhas sem ferrão na região. Estudos futuros que considerem levantamentos mais extensos de abelhas sem ferrão e das plantas nativas e de cultura que utilizam podem oferecer uma compreensão ainda mais abrangente da distribuição e importância dessas espécies na Mata Atlântica e para a oferta de serviços ecossistêmicos.

Palavras chave: Meliponini, Abelhas, Uso e ocupação do solo, Levantamento de espécies, polinizadores.

Abstract

The current scenario of land-use changes and increasing human influence on natural environments, such as the indiscriminate use of agricultural inputs, have impacted essential ecosystem services provided by nature. One of these services is pollination, which depends on the availability of flowers and the maintenance of bees, the main pollinators of flowers and essential for the formation of fruits in many species of plants of economic importance. In this context, the present study investigated the relationship between environmental variables and the richness of flowering plants associated with the richness and diversity of stingless bee (Meliponini) community at Serra do Japi, an important remnant of Atlantic Forest in São Paulo State, Brazil. Sampling was conducted over one year, divided into eight periods, using transects to capture bees and collect angiosperm flowering samples. The objective was to assess the effects of anthropization and flowering plant richness on the Meliponini community, which includes key pollinators of native plants and crops. Sampling covered three land-use classes: conserved forest, disturbed forest, and agro-mosaic. The survey recorded 48 species of flowering angiosperms visited by Meliponini and 28 bee species, of which 17 were found in conserved forest, 13 in disturbed forest, and 15 in the agro-mosaic. The Meliponini species composition analysis revealed significant differences between land-use classes, with *Melipona quadrifasciata* and *Melipona marginata* predominating in conserved forests, and *Tetragonisca angustula* associated with the agro-mosaic. Meliponini species richness was significantly higher in conserved forest, indicating that these areas provide better environmental conditions in terms of floral resources and nesting sites. The richness and diversity of Meliponini also showed a positive relationship with the richness of flowering plants, regardless of the land-use class. Differences in species composition among conserved forest, disturbed forest, and agro-mosaic areas highlight the importance of forest conservation for maintaining pollinator diversity. This study contributes with valuable insights into the diversity of Meliponini in seasonal semideciduous forests and the influence of flowering plant richness and land-use changes. It also represents the first detailed survey of stingless bee fauna in the region. Further studies considering an extended survey of stingless bees and their use of native and crop plants could provide a more comprehensive understanding of the distribution and ecological importance of these species in the Atlantic Forest and regarding the offer of ecosystem services.

Key words: Meliponini, bees, land use, species sampling, pollinators.

Title in English: The impact of changes in land use and flower richness on the Meliponini bee community in Serra do Japi, Jundiaí-SP

SUMÁRIO:

INTRODUÇÃO GERAL.....11

CAPÍTULO 1.....15

CAPÍTULO 2.....53

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....71

APÊNDICES.....76

Introdução Geral

Dentre a diversidade de associações mutualísticas que surgiram ao longo da evolução da vida na terra, uma das mais importantes é sem dúvida a polinização por intermédio de animais (Ollerton et al., 2017). Há muito tempo se reconhece o peso das associações ecológicas entre esses grupos e a sua diversidade (Asar, 2022). Em média 87,5% das angiospermas dependem da atuação dos animais para serem polinizadas (Ollerton et al., 2011). A proporção de angiospermas dependentes de polinizadores aumenta em direção ao equador (Rech et al, 2016), na faixa tropical essa cifra pode passar de 95% das angiospermas, onde as abelhas representam o principal grupo de polinizadores (Ollerton et al., 2011; Rech et al, 2016, Ollerton et al., 2017).

Polinizadores exercem um papel chave na manutenção dos sistemas agrícolas globais (Klein et al., 2007; Garibaldi et al., 2013). Essa associação envolve os dois maiores grupos de macro organismos presentes na Terra, os insetos e as angiospermas (LaBandeira et al., 1994). A dependência de polinizadores é um fenômeno cresc

ente em áreas agrícolas, considerando que as lavouras que mais se expandem no mundo hoje são dependentes polinizadores (Aizen et al., 2019). Abelhas são responsáveis por polinizar mais 30% das espécies de plantas mais cultivadas no mundo, e 50% das angiospermas de florestas tropicais (Freitas & da Silva, 2015, BPBES 2019). Esse serviço prestado pelas abelhas é definido como um serviço ecossistêmico de polinização, com um valor anual estimado entre 195 a 387 bilhões de dólares. (BPBES 2019, Porto et al, 2020). Entretanto, o crédito pela polinização de culturas agrícolas tem sido atribuído principalmente a uma única espécie de polinizador, *Apis mellifera* (Danforth et al., 2019, Papa et al, 2022). No entanto, uma maior eficiência do serviço de polinização é observada na presença de uma comunidade de polinizadores nativos em relação ao manejo de uma única espécie de polinizador (Hoehn, 2008; Garibaldi et al., 2011; Grab et al, 2019, Debnam et al, 2021). Dentre as abelhas altamente eussociais temos as tribos Apini e Meliponini (Michener 1974, 2000; Danforth et al., 2013). Abelhas eussociais tendem a ser menos afetadas que abelhas solitárias pela redução dos recursos florais ao longo do ano, devido a capacidade de visitar uma grande gama de recursos florais, estocar recursos coletivamente e por serem capazes de recrutar outras operárias via sinalização visual ou química a fim de otimizar a exploração de um recurso (Michener, 2000; Kaluza, 2018; Danforth, 2019). Dentre as abelhas eussociais, a tribo Meliponini (Apidae) é

excepcionalmente diversa e abundante na região Neotropical (Roubik, 1992), onde o potencial serviço de polinização para agricultura é particularmente importante (Kevan & Imperatriz Fonseca, 2002).

Abelhas Meliponini, conhecidas como abelhas sem ferrão, surgiram no Cretáceo e desde este período, desempenham um forte papel ecológico nos trópicos (Michener & Grimaldi, 1988). Na região Neotropical, os Meliponini têm papel central como polinizadores de ecossistemas naturais (Brosi et al., 2007), e podem chegar a representar mais de 70% das abelhas encontradas em flores na Mata Atlântica (Ramalho, 2004). Atualmente, são descritas mais de 600 espécies no mundo, distribuídas em 54 gêneros (Engel et al., 2023). Desse elevado número de espécies, o Brasil conta com 244 espécies descritas em 29 gêneros, e 89 formas ainda não descritas, praticamente metade da diversidade global (Pedro, 2014).

As comunidades de Meliponini nunca mudam os ninhos de lugar durante sua existência (Hubbell & Johnson, 1977), o que as torna extremamente vulneráveis ao processo de desmatamento e a exploração madeireira (Brown & Oliveira, 2014), ao mesmo tempo que polinizadoras muito confiáveis em uma determinada área. Essas atividades e a agricultura e crescimento das cidades alteraram fortemente as florestas tropicais do sudeste do Brasil após a colonização europeia (Morellato, 1992a; Sá, 1996). Como resultado direto de ações antrópicas, muitas paisagens já não provêm para abelhas recursos alimentares, especialmente florais, em quantidade e qualidade para seus sustentos, assim como espaços de nidificação (Brown & Albrecht, 2001; Brosi et al., 2008; Vaudo et al., 2015; Kaluza et al., 2018). Consequentemente, a perda de habitat naturais e a intensificação das atividades agrícolas são apontadas como as principais causas do declínio das comunidades de abelhas (Brown & Paxton, 2009; LeBuhn et al., 2013; Kennedy et al., 2013; Goulson et al., 2015; Kaluza et al., 2018; Raven & Vagner, 2021) e serviços ecossistêmicos associados.

Cobrindo originalmente uma área aproximada de 150 milhões de hectares e com grande heterogeneidade de ambientes, a Mata Atlântica é uma das principais florestas pluviais das Américas (Ribeiro et al., 2009). A alta biodiversidade e incidência de espécies endêmicas e o baixo estado de conservação, faz da Mata Atlântica um *hotspot* da biodiversidade global (Myers et al., 2000; Mittermeier et al., 2011). No domínio da Mata Atlântica vivem mais 100 milhões de brasileiros sendo a região economicamente mais desenvolvida do país, que contribui com mais de 70% do produto interno bruto (PIB) e dois terços da economia industrial (Martinelli et al., 2013). Embora sua importância seja

amplamente reconhecida pela comunidade científica internacional e pelo poder público (Brasil, 2006), a Mata Atlântica foi historicamente transformada em uma paisagem antrópica. Predomina o agro-mosaico, onde se intercalam pastagens e lavouras em cultivo ou abandonadas, remanescentes florestais em diferentes estágios de sucessão e plantações de árvores exóticas como *Pinus* sp. e *Eucaliptus* sp. (Ribeiro, 2011; Joly et al., 2014). Após cinco séculos de expansão humana, o que resta são arquipélagos de fragmentos florestais em meio a uma matriz de áreas abertas destinadas à pecuária e à agricultura ou tomadas pelas cidades (Joly et al., 2014). Mais de 80% dos fragmentos possuem menos de 50 hectares, e em pelo menos metade dos fragmentos há uma distância inferior a 100 metros entre suas bordas (Ribeiro et al., 2009), ao passo que as reservas naturais só protegem 9% dos remanescentes florestais (Rezende et al., 2018)

Frente ao cenário extremamente fragmentado em que se encontra a Mata Atlântica, a Serra do Japi se destaca como uma das últimas grandes áreas de floresta estacional semidecidual contínua do Estado de São Paulo, e serve como testemunha da fauna e da flora exuberantes que um dia existiram na região sudeste do Brasil (Morellato 1992c). Por estar localizada em um eixo de três grandes centros urbanos e industriais do Estado (Campinas, Jundiaí e São Paulo), e ocupando uma área de aproximadamente 354 Km² é considerada uma área prioritária para conservação (Morellato, 1992a; Joly, 1992; Leitão Filho & Morellato, 1997).

Desde meados do século XX diversos autores já sinalizavam a acelerada degradação ambiental das florestas do Estado de São Paulo por pressões agrícolas (Rodrigues & Shepherd, 1992). Nos anos 70, pesquisadores já descreviam as pressões do setor imobiliário sobre as áreas de floresta nativa do Estado. (Victor, 1975; Ab'Saber, 1979) e a forma com que se mercantiliza o espaço na região de Jundiaí é um exemplo claro desse fenômeno (Ab'Saber, 1979). No entanto, a partir dos anos 80, passos importantes foram dados para proteção legal das áreas naturais da Serra do Japi (Joly, 1992). Em 1983 ocorreu o tombamento da Serra do Japi pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado (CONDEPHAAT) criando as primeiras barreiras legais à exploração imobiliária da Serra. No ano de 1984 parte das áreas urbanas e rurais dos municípios de Cabreúva e Jundiaí foram declaradas APAs (Área de Preservação Ambiental) com objetivo de preservar os recursos hídricos e a vegetação da Serra do Japi (São Paulo, 1984). Oito anos depois, em 1992, foi criada a RBMSJ (Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi), também chamada de REBIO, em uma porção menor e circuncêntrica da Serra do Japi (Jundiaí, 1992) cobrindo uma área

de 2.071,20 de hectares, dos quais estima-se que apenas vinte e cinco por cento sejam em terras públicas (Cardoso-Leite et al., 2005). Em 1994 a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a Serra do Japi como parte da Reserva da Biosfera do cinturão verde da Cidade de São Paulo. A reserva compreende o Parque Estadual da Serra do Mar, com característica formação vegetal de floresta ombrófila densa e outras cinco áreas consideradas zonas de transição, entre essas áreas está incluída a Serra do Japi (UNESCO, 1994). Durante as últimas quatro décadas houve grandes contribuições para o entendimento da Flora da Serra do Japi, em termos de levantamentos de espécies arbóreas destacam-se Rodrigues et al. (1989), Leitão-Filho (1992), Cardoso-Leite et al. (2002). Contribuições importantes ao que compete a fitofisionomia foram dadas por Rodrigues & Shepherd (1992) e Cardoso-Leite (2005). No estudo da fenologia destacam-se Morellato et al. (1989), Morellato et al. (1990), (Morellato,1992b). E no esforço de compor uma lista da flora vascular da Serra do Japi, Leitão Filho (1992) e Lombardi et al. (2011). Atualmente são conhecidas ao menos 967 espécies de plantas vasculares distribuídas em 141 famílias para a Serra do Japi, sendo 303 espécies arbóreas, distribuídas em 63 famílias (Leitão-Filho, 1992; Lombardi, 2011).

Embora diversos grupos animais tenham sido amostrados na Serra do Japi (Brown Jr, 1992; Haddad & Sazima,1992; Sazima & Haddad,1992; Sobczak & Vasconcellos, 2015) e sua flora vascular seja razoavelmente bem conhecida na atualidade, o grupo mais importante de polinizadores neotropicais nunca foi amostrado, deixando uma imensa lacuna no estado da arte nos estudos na Serra do Japi nas esferas de inventário entomológico e ecologia de polinizadores.

Esta dissertação teve como objetivo geral investigar os efeitos das mudanças de uso do solo sobre a estrutura da comunidade de Meliponini e plantas visitadas na floresta estacional semidecidual e no entorno da Serra do Japi. A dissertação **está dividida em dois capítulos.**

No Capítulo I investigamos como os diferentes tipos de uso do solo promovidos pela ocupação humana, alteram a riqueza de flores e estrutura da comunidade de abelhas Meliponini em floresta estacional semidecidual e seu entorno, na Serra do Japi. No Capítulo II apresentamos uma lista de espécies de abelhas e suas plantas visitadas na Serra do Japi, São Paulo.

Capítulo 1:

Impacto do uso da terra e da riqueza de espécies de plantas na comunidade de Meliponini em área de floresta semidecídua na Serra do Japi - SP

Introdução

Abelhas são os mais onipresentes e eficientes polinizadores de plantas (Ollerton, 2011; Venturini et al., 2017). Estimativas recentes indicam que abelhas polinizam mais 50% das angiospermas de florestas tropicais e 30% das espécies vegetais mais cultivadas no mundo (Freitas & Da Silva, 2015, Khalifa et al, 2021). Na região Neotropical, abelhas sem ferrão (Meliponini) têm papel central como polinizadores de ecossistemas naturais (Brosi et al., 2007), chegando a compor 70% das abelhas observadas em florestas da Mata Atlântica (Ramalho, 2004), exercendo um papel fundamental na reprodução de angiospermas (Roubik, 2023). Essas abelhas, portanto, não são importantes apenas nos ecossistemas naturais, mas oferecem serviços ecossistêmicos (polinização) essenciais para a produção de alimentos (Giannini et al, 2015; Real-Luna et al. 2022)

No entanto, diversos estudos indicam que populações de abelhas manejadas e selvagens estão sobre inúmeros fatores de estresse causados por atividades humanas ao redor do globo (Goulson et al., 2015; Potts et al., 2016; Lima & Marchioro, 2021). A intensificação do uso do solo e a transformação de paisagens naturais leva a perda habitat para a maioria das espécies de abelhas nativas não manejadas (LeBuhn, 2013; Cely-Santos & Phillpott, 2019). As mudanças climáticas e o uso de defensivos agrícolas também são causas relatadas da perda de biodiversidade de abelhas (Potts et al., 2016; Lima & Marchioro, 2021). Entender como as atividades antrópicas influenciam na comunidade de abelhas não é uma tarefa fácil, para além da complexa relação entre os diversos impactos humanos na paisagem, muitas variáveis naturais abióticas e bióticas também afetam a comunidade de Meliponini, influenciando sua composição e diversidade (Gruter, 2020). Meliponini é o mais importante grupo de polinizadores generalistas do Neotrópico (Roubik & Moreno-Patiño, 2013) e executam o serviço de polinização para cerca duzentas e uma famílias na região Neotropical (Bueno et al, 2021), além de quarenta e seis espécies alimentícias cultivadas na América Latina (Real-Luna et al, 2022). Entretanto, efeitos da transformação da paisagem são vistos como a principal causa para o declínio populacional não só de Meliponíneos Neotropicais, como de

comunidades inteiras de abelhas por todo o mundo (Brown & Paxton, 2009; LeBuhn, 2013; Kennedy et al., 2013, Raven & Vagner, 2021).

Referências

AB'SABER, A. M. Estudo de tombamento da Serra do Japi-Jundiaí. São Paulo: Condephaat, 1979.

AIZEN, M. A., AGUIAR, S., BIESMEIJER, J. C., GARIBALDI, L. A., INOUE, D. W., JUNG, C., et al. Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global Change Biology*, v. 25, n. 10, p. 3516-3527, 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, p. 563-568, 2004.

ASAR, Y., HO, S. Y., SAUQUET, H. Early diversifications of angiosperms and their insect pollinators: were they unlinked? *Trends in Plant Science*, 2022.

BOOMSMA, J. J., GAWNE, R. Superorganismality and caste differentiation as points of no return: how the major evolutionary transitions were lost in translation. *Biological Reviews*, v. 93, n. 1, p. 28-54, 2018.

BPBES/REBIPP (2019): Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Marina Wolowski; Kayna Agostini; André Rodrigo Rech; Isabela Galarda Varassin; Márcia Maués; Leandro Freitas; Liedson Tavares Carneiro; Raquel de Oliveira Bueno; Hélder Consolaro; Luisa Carvalheiro; Antônio Mauro Saraiva; Cláudia Inês da Silva. Máira C. G. Padgurschi (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 184 páginas. <http://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, n. 246, p. 1-1, 2006.

BROSI, Berry J.; DAILY, Gretchen C.; EHRLICH, Paul R. Bee community shifts with landscape context in a tropical countryside. *Ecological Applications*, v. 17, n. 2, p. 418-430, 2007.

BROSI, B. J., DAILY, G. C., SHIH, T. M., OVIEDO, F., DURÁN, G. The effects of forest fragmentation on bee communities in tropical countryside. *Journal of Applied Ecology*, v. 45, n. 3, p. 773-783, 2008.

BROWN JR., K.S. Borboletas da Serra do Japi: diversidade, hábitos, recursos alimentares e variação temporal. In: MORELLATO, L.P.C. (ed.) *História natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora UNICAMP, FAPESP, 1992. p. 142-186.

BROWN, J. C., ALBRECHT, C. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *Journal of Biogeography*, v. 28, n. 5, p. 623-634, 2001.

BROWN, Mark JF; PAXTON, Robert J. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, v. 40, n. 3, p. 410-416, 2009.

BROWN, J. C., DE OLIVEIRA, M. L. The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie*, v. 45, n. 2, p. 172-188, 2014.

CARDOSO-LEITE, E., PAGANI, M.I., HAMBURGER, D.S., MONTEIRO, R.R. Fitofisionomia, fitossociologia e conservação da vegetação na Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Naturalia (Rio Claro)*, v. 27, p. 165-200, 2002.

CARDOSO-LEITE, E., PAGANI, M.I., MONTEIRO, R.R., HAMBURGER, D.S. Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v. 19, p. 233-243, 2005.

DANFORTH, B. N., CARDINAL, S., PRAZ, C., ALMEIDA, E. A. B., MICHEZ, D. The impact of molecular data on our understanding of bee phylogeny and evolution. *Annual Review of Entomology*, v. 58, n. 1, p. 57-78, 2013.

DANFORTH, B. N., MINCKLEY, R. L., NEFF, J. L., FAWCETT, F. The solitary bees: biology, evolution, conservation. Princeton: Princeton University Press, 2019.

DEBNAM, Scott et al. Exotic insect pollinators and native pollination systems. *Plant Ecology*, v. 222, n. 9, p. 1075-1088, 2021.

ENGEL, Michael S. et al. Stingless bee classification and biology (Hymenoptera, Apidae): a review, with an updated key to genera and subgenera. *ZooKeys*, v. 1172, p. 239, 2023.

FREITAS, B. M., DA SILVA, C. I. O papel dos Polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: A.B.E.L.H.A - Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - Agricultura e Polinizadores. São Paulo, 2015. p. 9-18.

GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., KREMEN, C., MORALES, J. M., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A., et al. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, v. 14, n. 10, p. 1062-1072, 2011.

GARIBALDI, L. A., STEFFAN-DEWENTER, I., WINFREE, R., AIZEN, M. A., BOMMARCO, R., CUNNINGHAM, S. A., et al. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GATHMANN, A., TSCHARNTKE, T. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology*, v. 71, n. 5, p. 757-764, 2002.

GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C., ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, v. 347, n. 6229, p. 1255-1257, 2015.

GRAB, H., BRANSTETTER, M. G., AMON, N., URBAN-MEAD, K. R., PARK, M. G., GIBBS, J., et al. Agriculturally dominated landscapes reduce bee phylogenetic diversity and pollination services. *Science*, v. 363, n. 6424, p. 282-284, 2019.

HADDAD, C. F. B., SAZIMA, I. Anfíbios anuros da Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora UNICAMP, FAPESP, 1992. p. 188-211.

HOEHN, P., TSCHARNTKE, T., TYLIANAKIS, J. M., STEFFAN-DEWENTER, I. Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 275, n. 1648, p. 2283-2291, 2008.

HUBBELL, S. P., JOHNSON, L. K. Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. *Ecology*, v. 58, n. 5, p. 949-963, 1977.

JOLY, C. A., METZGER, J. P., TABARELLI, M. Experiences from the Brazilian Atlantic Forest: ecological findings and conservation initiatives. *New Phytologist*, v. 204, n. 3, p. 459-473, 2014.

- JOLY, C. A. A preservação da Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). História natural da Serra do Japi. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, p. 310-321, 1992.
- KALUZA, B. F., WALLACE, H. M., HEARD, T. A., MINDEN, V., KLEIN, A., LEONHARDT, S. D. Social bees are fitter in more biodiverse environments. *Scientific Reports*, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2018.
- KENNEDY, Christina M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology letters*, v. 16, n. 5, p. 584-599, 2013.
- KEVAN, P. G., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (Eds.). Pollinating bees: the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment, 2002. p. 59-65.
- KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.
- LABANDEIRA, C. C., DILCHER, D. L., DAVIS, D. R., WAGNER, D. L. Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: paleobiological insights into the meaning of coevolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 91, n. 25, p. 12278-12282, 1994.
- LEBUHN, G., DROEGE, S., CONNOR, E. F., GEMMILL-HERREN, B., POTTS, S. G., MINCKLEY, R. L., et al. Detecting insect pollinator declines on regional and global scales. *Conservation Biology*, v. 27, n. 1, p. 113-120, 2013.
- LEITÃO-FILHO, H. F. A flora arbórea da Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). História natural da Serra do Japi. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, 1992. p. 40-62.
- LEITÃO-FILHO, H. F.; MORELLATO, L. P. C. Semideciduous forests of Southeastern Brasil – Serra do Japi. In: DAVIS, S. D.; HEYWOOD, V. H.; HERRERA-MACBRYDE, O.; VILLA-LOBOS, J.; HAMILTON, A. C. (eds.). Centres for plant diversity: a guide and strategy for their conservation. Washington: IUCN, WWF, 1997. p. 381-384.

LOMBARDI, J. A.; CARVALHO, C. D. S.; BIRAL, L.; SAKA, M. N.; HIEDA, S. M. Vascular flora of Serra do Japi Biological Reserve, Jundiaí, southeastern Brazil. *Rodriguésia*, v. 63, p. 333-340, 2012.

MARTINELLI, G.; VALENTE, A. S. M.; MAURENZA, D.; KUTSCHENKO, C.; JUDICE, D. M.; SILVA, D. S.; FERNANDEZ, E. P.; MARTINS, E. M.; BARROS, F. S. M.; SFAIR, J. C.; SANTOS FILHO, L. A. F.; ABREU, M. B.; MORAES, M. A.; MONTEIRO, N. P.; PIETRO, P. V.; FERNANDES, R. A.; HERING, R. L. O.; MESSINA, T.; PENEDO, T. S. A. Avaliação de risco de extinção de espécies da flora brasileira. In: MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (eds.). *Livro vermelho da flora do Brasil*. Rio de Janeiro: CNC Flora, Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Andrea Jakobsson Estúdio, 2013. p. 60-84.

MICHENER, C. D. *The bees of the world*. v. 1. JHU press, 2000.

MICHENER, C. D.; MICHENER, C. D. *The social behavior of the bees: a comparative study*. Harvard University Press, 1974.

MICHENER, Charles D.; GRIMALDI, David A. The oldest fossil bee: Apoid history, evolutionary stasis, and antiquity of social behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 85, n. 17, p. 6424-6426, 1988.

MITTERMEIER, R. A.; TURNER, W. R.; LARSEN, F. W.; BROOKS, T. M.; GASCON, C. Global biodiversity conservation: the critical role of hotspots. In: *BIODIVERSITY hotspots*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 3-22.

MORELLATO, L. P. C. Introdução. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, 1992a. p. 8-11.

MORELLATO, L. P. C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, 1992b. p. 98-110.

MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, 1992c.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; DA FONSECA, G. A.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

OLLERTON, Jeff. Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, v. 48, n. 1, p. 353-376, 2017.

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

PAPA, Giulia et al. The honey bee *Apis mellifera*: An insect at the interface between human and ecosystem health. *Biology*, v. 11, n. 2, p. 233, 2022.

PORTO, Rafaella Guimarães et al. Pollination ecosystem services: A comprehensive review of economic values, research funding and policy actions. *Food Security*, v. 12, n. 6, p. 1425-1442, 2020.

RAMALHO, Mauro. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, p. 37-47, 2004.

RECH, André Rodrigo et al. The macroecology of animal versus wind pollination: ecological factors are more important than historical climate stability. *Plant Ecology & Diversity*, v. 9, n. 3, p. 253-262, 2016.

RAVEN, Peter H.; WAGNER, David L. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 118, n. 2, p. e2002548117, 2021.

REZENDE, Camila Linhares et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in ecology and conservation*, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F.; FORTIN, M. J. The Brazilian Atlantic Forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: *BIODIVERSITY hotspots*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011. p. 405-434). Springer, Berlin, Heidelberg.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RICHARDS, M. H. Social trait definitions influence evolutionary inferences: a phylogenetic approach to improving social terminology for bees. *Current Opinion in Insect Science*, v. 34, p. 97-104, 2019.

RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A.; LEITÃO-FILHO, H. F. Estudo florístico e fitossociológico envolvendo um gradiente altitudinal em uma mata mesófila estacional semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 12, p. 71-84, 1989.

RODRIGUES, R. R.; SHEPHERD, G. J. Análise da variação estrutural e fisionômica da vegetação e características edáficas, num gradiente altitudinal na Serra do Japi. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi*. Editora da UNICAMP & FAPESP, Campinas, p. 64-96, 1992.

ROUBIK, D. W. *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge University Press, 1992.

SÁ, Magali Romero. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*, v. 3, p. 558-559, 1996.

SAZIMA, I.; HADDAD, C. F. B. Répteis da Serra do Japi: notas sobre história natural. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História Natural da Serra do Japi*. Editora da UNICAMP, FAPESP, Campinas, p. 212-236, 1992.

SOBCZAK, J. F.; VASCONCELLOS, J. Famílias de himenópteros parasitoides na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo, Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 82, p. 00-00, 2015.

UNESCO. Réserve de la Biosphère de la Ceinture verte de la ville de São Paulo comme partie intégrante de la Réserve de la Biosphère de la Forêt Atlantique. Paris: Unesco-MAB, 1994.

VAUDO, A. D.; TOOKER, J. F.; GROZINGER, C. M.; PATCH, H. M. Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, v. 10, p. 133-141, 2015.

VICTOR, M. A. A devastação florestal. *Sociedade Brasileira de Silvicultura*, [197-].

WILSON, E. O.; HÖLLDOBLER, B. Eusociality: origin and consequences. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 102, n. 38, p. 13367-133

Capítulo 1:

Impacto do uso da terra e da riqueza de espécies de plantas na comunidade de Meliponini em área de floresta semidecídua na Serra do Japi - SP

Introdução

Abelhas são os mais onipresentes e eficientes polinizadores de plantas (Ollerton, 2011; Venturini et al., 2017). Estimativas recentes indicam que abelhas polinizam mais 50% das angiospermas de florestas tropicais e 30% das espécies vegetais mais cultivadas no mundo (Freitas & Da Silva, 2015, Khalifa et al, 2021). Na região Neotropical, abelhas sem ferrão (Meliponini) têm papel central como polinizadores de ecossistemas naturais (Brosi et al., 2007), chegando a compor 70% das abelhas observadas em florestas da Mata Atlântica (Ramalho, 2004), exercendo um papel fundamental na reprodução de angiospermas (Roubik, 2023). Essas abelhas, portanto, não são importantes apenas nos ecossistemas naturais, mas oferecem serviços ecossistêmicos (polinização) essenciais para a produção de alimentos (Giannini et al, 2015; Real-Luna et al. 2022)

No entanto, diversos estudos indicam que populações de abelhas manejadas e selvagens estão sobre inúmeros fatores de estresse causados por atividades humanas ao redor do globo (Goulson et al., 2015; Potts et al., 2016; Lima & Marchioro, 2021). A intensificação do uso do solo e a transformação de paisagens naturais leva a perda habitat para a maioria das espécies de abelhas nativas não manejadas (LeBuhn, 2013; Cely-Santos & Phillpott, 2019). As mudanças climáticas e o uso de defensivos agrícolas também são causas relatadas da perda de biodiversidade de abelhas (Potts et al., 2016; Lima & Marchioro, 2021). Entender como as atividades antrópicas influenciam na comunidade de abelhas não é uma tarefa fácil, para além da complexa relação entre os diversos impactos humanos na paisagem, muitas variáveis naturais abióticas e bióticas também afetam a comunidade de Meliponini, influenciando sua composição e diversidade (Gruter, 2020). Meliponini é o mais importante grupo de polinizadores generalistas do Neotrópico (Roubik & Moreno-Patiño, 2013) e executam o serviço de polinização para cerca duzentas e uma famílias na região Neotropical (Bueno et al, 2021), além de quarenta e seis espécies alimentícias cultivadas na América Latina (Real-Luna et al, 2022). Entretanto, efeitos da transformação da paisagem são vistos como a principal causa para o declínio populacional não só de Meliponíneos Neotropicais, como de comunidades inteiras de abelhas por todo o mundo (Brown & Paxton, 2009; LeBuhn, 2013; Kennedy et al., 2013, Raven & Vagner, 2021)

Fatores abióticos como temperatura, iluminação, umidade e vento determinam a capacidade dos Meliponini de interagir com o ambiente, e são preditores da capacidade de sobrevivência de espécies em ambientes sob diferentes condições de perturbação (Fowler, 1979; Roubik 1989, Teixeira & Campos, 2005; Hoiss et al., 2012). Diferentes condições ambientais e climáticas tendem a selecionar espécies com diferentes atributos ecológicos e funcionais ao passo que mudanças na condição ambiental podem favorecer ou desfavorecer algumas espécies de Meliponini. Abelhas sem ferrão de tamanho médio, como as do gênero *Melipona*, conseguem se manter ativas em temperaturas abaixo de 11°C, enquanto espécies gradativamente menores, tendem a ter maior dificuldade de forragear em baixas temperaturas, e algumas espécies muito pequenas só conseguem forragear em temperaturas acima de 21°C (Hilário et al., 2000; Teixeira & Campos, 2005). Fatores ligados à altitude podem levar a uma tendência de seleção de corpos de tamanho médio a grande em Meliponini, embora este efeito tenha sido demonstrado para altitudes superiores a 1500 metros (Pereboom and Biesmeijer, 2003). O tamanho das abelhas também se associa diretamente ao raio de voo máximo dessas espécies (Araújo et al., 2004) e sua área de forrageio. O tipo e o tamanho dos ninhos e população de abelhas se apresentam também como fator de influência na sensibilidade ambiental, ao passo que a oferta de locais para nidificação e as diferentes necessidades de nidificação determinam o nicho fundamental dessas espécies. Portanto, podemos esperar que a alteração antrópica nas vegetações nativas e ambiente de entorno afete a diversidade e riqueza de abelhas, e consequentemente, afetando o potencial para polinização e oferta desse serviço ecossistêmico (Coutinho et al, 2021; Zitomer et al, 2023).

Este estudo teve como objetivo entender como as atividades antrópicas afetam a diversidade de flores e abelhas Meliponini na Mata Atlântica. Buscamos avaliar como o uso da terra e modificação da paisagem de um dos maiores fragmentos florestais do estado de São Paulo, a Serra do Japi (Jundiaí), afeta os recursos florais e comunidade de meliponini. Avaliamos o efeito da altitude, condições microclimáticas no momento de coleta dos indivíduos de abelhas e a diversidade de recursos florais em três classes de uso e ocupação de solo. Também buscamos entender se características ambientais associadas ao uso e ocupação do solo poderiam se relacionar com os atributos funcionais apresentados por essas abelhas. Nossa hipótese é que a intensificação do uso da terra reduz a riqueza de recursos florais e a diversidade de Meliponini favorecendo ou desfavorecendo espécies de Meliponini com base em seus atributos funcionais, e consequentemente, alterando o potencial de serviço ecossistêmico de polinização da comunidade.

Material e Métodos

Área de estudo

A Serra do Japi, situada no município de Jundiaí -SP, é composta por rochas metamórficas datadas do Proterozóico (De Almeida, 1981), e cobre uma área de aproximadamente 354 km², com altitude variando de 700 a 1300 metros (Leitão Filho & Morellato, 1997). A temperatura média nas áreas mais baixas é de 19,2°C ao passo que na região mais elevada a temperatura média é 15,7°C (Pinto, 1992). No mês mais frio do ano, julho, a média de temperatura cai para 15,3°C e 11,8°C, respectivamente. No mês mais quente, dezembro, essa média sobe para 22,2 e 18,4, nas áreas baixas e altas, respectivamente (Pinto, 1992). A precipitação anual média é de 1.500 mm, sendo o período mais chuvoso no verão, de outubro a março, e a estiagem no inverno, de abril a setembro (Pinto, 1992).

Localizada no domínio da Mata Atlântica, a maior parte de cobertura vegetal da Serra do Japi é composta por florestas estacionais semidecíduais (Leitão Filho, 1992), caracterizadas por uma marcante sazonalidade, com período de queda de folhas indo de abril a setembro e picos de floração entre setembro e novembro (Morellato et al., 1989).

Cercada pelo avanço do desenvolvimento econômico das regiões metropolitanas de Campinas-SP e São Paulo-SP, a região da Serra do Japi sofre grande pressão do setor imobiliário e industrial, que tem alterado a paisagem da região (Ab'Saber; 1979 Morellato, 1992; Paes, 2021). Por meio de leis que regulam o uso e ocupação do solo da região, foram identificadas três classes de uso, que foram utilizadas como critério de avaliação do impacto das atividades humanas, sendo distribuído o mesmo esforço de coleta entre as três classes que representam diferentes estados de conservação da Serra do Japi (São Paulo, 1984; Jundiaí, 1992; Jundiaí, 2019). As diferentes classes de uso do solo apresentam distribuição ao longo de um gradiente altitudinal, com os transectos da classe Agromosaico situados em altitudes mais baixas, transectos em Floresta Perturbada em altitudes médias e os da classe Conservada em altitudes mais elevadas.

Classe 1: Reserva Biológica Municipal de Jundiaí (REBIO), criada em 1991, pelo decreto Municipal (3.672 de 10/01/1991) e regulamentada em 1992 por meio da lei Municipal (13.196 de 30/12/1992), a REBIO tem uma área de 2.071,20 hectares, tem a finalidade de preservar as florestas da Serra do Japi. A área possui cobertura florestal em avançado estágio de regeneração (Cardoso-Leite, 2005), se distingue como a única região do maciço do Japi com proteção legal integral (Jundiaí, 1992), com a menor interferência de atividade antrópica dentre as 3 classes. Foi considerada para este trabalho, como uma área de Floresta Conservada.

Classe 2: Região que circunda a REBIO na Serra do Japi composta por florestas estacionais semidecíduais, está repartida por diversas propriedades rurais, onde se encontram cultivos de eucalipto e pinus. A Região é delimitada pela área de proteção ambiental (APA) Jundiaí-Cabreúva (São Paulo, 1984), possui fortes restrições à atividades econômicas e quanto ao uso e ocupação do solo, e mantém conectividade do estrato arbóreo entre os fragmentos de floresta estacional. Foi considerada para este trabalho, como uma área de floresta perturbada.

Classe 3: Constitui como um agro mosaico de fragmentos florestais, loteamentos de chácaras, galpões industriais e pastos ativos e ou degradados na face Norte da Serra do Japi, fora do limite da APA Jundiaí (São Paulo, 1984) e dentro do limite periurbano da cidade de Jundiaí (Jundiaí, 2019). É a classe mais fortemente afetada pela atividade humana, com fragmentos florestais isolados, onde não há conectividade do estrato arbóreo dos remanescentes florestais com a floresta estacional semidecidual da área 1 ou 2. Foi considerada para este trabalho, como uma área de Agromosaico.

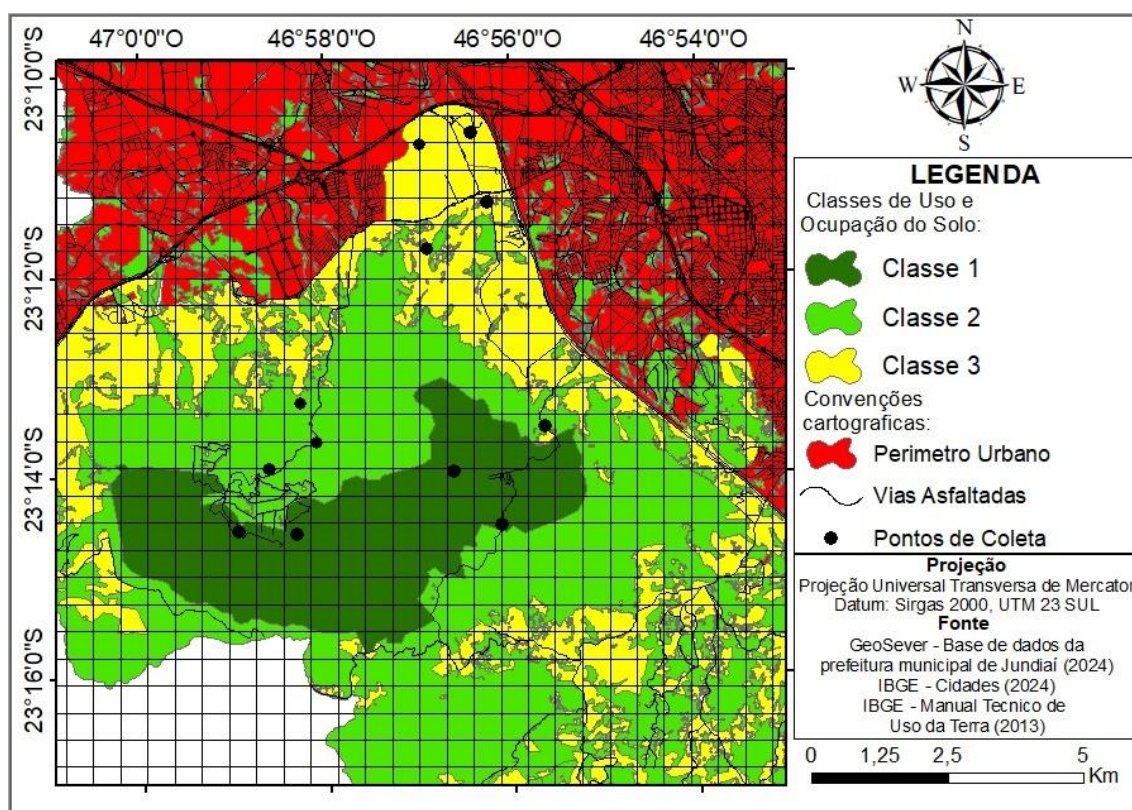


Figura 1: Mapa representando as diferentes classes de uso do solo em que foram realizados os levantamentos de abelhas na Serra do Japi, SP. Classe 1: florestas preservadas; Classe 2: florestas perturbadas; Classe 3: Agromosaico. Fonte: Shapefiles obtidos com a prefeitura municipal de Jundiaí, mapa elaborado por Ian Meireles da Cunha e Higor Bonzanini.

Inventário de abelhas

Para o inventário de abelhas, foram realizados oito períodos de coleta ao longo de um ano com intervalos de pelo menos 15 dias entre eles (Tabela 1). Os períodos de coleta foram distribuídos igualmente entre o período de maior pluviosidade, intervalo de tempo em que ocorre o maior volume acumulado de precipitação e caracterizado por chuvas frequentes e intensas (Novembro a Janeiro), o período de menor pluviosidade se caracteriza pelo menor volume acumulado de chuvas (Julho e Agosto), e os dois períodos transicionais (Setembro a Outubro, Maio a Junho). Os períodos de maior e menor pluviosidade foram obtidos de Pinto (1992), os períodos transicionais correspondem a intervalos que conectam o período de maior pluviosidade com o de menor pluviosidade extraídos de Pinto (1992), caracterizados por mudanças graduais nos padrões de precipitação e temperatura.

Tabela 1: Contém os períodos em que ocorreram as coletas semanais assim como abundância de chuva desses períodos.

Semanas	Início da coleta	fim da coleta	Pluviosidade
Primeira semana	18/05/2023	25/05/2023	Período de transição
Segunda semana	10/06/2023	13/06/2023	Período de transição
Terceira semana	17/07/2023	27/07/2023	Período seco
Quarta semana	10/08/2023	17/08/2023	Período seco
Quinta semana	30/09/2023	05/10/2023	Período de transição
Sexta semana	22/10/2023	30/10/2023	Período de transição
Sétima semana	28/11/2023	04/12/2023	Período chuvoso
Oitava semana	12/12/2023	18/12/2023	Período chuvoso

Em cada período de coleta foi utilizado o método de coleta ativa por transecto e coleta passiva com armadilha Malaise. A coleta ativa seguiu as diretrizes propostas em Sakagami et al. (1967), foram delimitados quatro transectos com 150 metros de extensão, em cada uma das três classes

de uso do solo (tabela 2). Os transectos tiveram as coordenadas e transectos marcados com o aplicativo de navegação Avenza Maps e altitude medida através do programa Google Earth Pro. Em cada período de coleta, cada transecto foi percorrido por 20 minutos, entre o nascer do sol até as 11 horas, 20 minutos entre 11 horas até as 14 horas, e 20 minutos entre as 14 horas até o pôr do sol, totalizando 96 horas de coleta ativa por transecto ($0,33 \text{ hora/dia} \times 3 \text{ dias} \times 8 \text{ períodos} \times 12 \text{ transectos} = 96 \text{ horas}$). Coleta passiva com armadilha Malaise: Foram espalhadas 12 armadilhas Malaise (Townes, 1972), utilizando os mesmos locais de coleta do método de coleta ativa em transecto, respeitando a distância de 1,5 km entre armadilhas, a fim de evitar que duas armadilhas capturassem meliponíneos de um mesmo ninho. As armadilhas foram deixadas em campo por sete dias em cada um dos períodos de coleta, uma solução de 300ml de álcool 70° foi colocada em cada armadilha para garantir a preservação dos espécimes capturados. Totalizando 8064 horas de esforço amostral ($12 \text{ horas/dia} \times 7 \text{ dias} \times 8 \text{ períodos} \times 12 \text{ armadilhas} = 8064 \text{ horas}$).

Tabela 2: Contém a identificação dos locais onde foram instaladas as armadilhas e transectos, a classe de uso de solo, a coordenada decimal do início do transecto e a altitude em que o transecto se desenvolve.

Local	Classe	Coordenada Decimal	Altitude
1	Conservada	-23.243710, -46.974360	1.192m
2	Conservada	-23.237724, -46.985234	1128 m
3	Conservada	-23.239469, --46.935248	1044 m
4	Conservada	-23.232245,-46.948235	1183 m
5	Perturbada	-23.221114, -46.971083	763 m
6	Perturbada	-23.232840, -46.976649	1041m
7	Perturbada	-23.227246, -46.968960	893 m
8	Perturbada	-23.226362, -46.927767	874 m
9	Agromosaico	-23.179280, -46.951131	704 m
10	Agromosaico	-23.178959, -46.939625	710 m
11	Agromosaico	-23.188759, -46.936999	725 m
12	Agromosaico	-23.196188, -46.948688	804 m

As abelhas coletadas foram preservadas em via seca, os espécimes foram identificados com base em Silveira et al. (2002), comparação com acervo digital presente no Catálogo de abelhas Moure (Camargo & Pedro, 2013), e auxílio de taxonomistas, os nomes válidos foram revisados com base em Engel et al. (2023). O material testemunho será tombado na coleção Coleção Entomológica Prof. J.M.F. Camargo (RPSP) da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo.

Atributos funcionais das abelhas

Os atributos funcionais das abelhas considerados no estudo foram a distância intertegular (DIT) segundo Borges et al. (2020) e o tamanho da população por ninho das espécies amostradas. Espécies sem valores descritos para DIT, tiveram a distância intertegular medida seguindo o protocolo descrito por Borges et al. (2020). Os valores de DIT foram obtidos para 100% das espécies de abelhas amostradas. Os valores de tamanho populacional por ninho (TPN), foram obtidos de Cordeiro et al. (2024). Para espécies sem tamanho populacional descrito no banco de dados, foi utilizado o valor de espécies do mesmo gênero com tamanho corporal e tipo de ninho semelhantes, disponíveis em Cordeiro et al. (2024).

Inventário de plantas

Durante a amostragem de abelhas por coleta ativa, todas as angiospermas floridas foram fotografadas e quando necessário coletadas para posterior identificação. Foram contabilizadas a riqueza de espécies floridas, assim como as interações entre meliponíneos e flores, onde o espécime da abelha visitante foi capturada e identificada. Não foram contabilizadas árvores de floração exclusiva no dossel, epífitas fora do alcance do coletor ou qualquer outra angiosperma cuja flor não estivesse acessível para coleta de visitantes florais.

A identificação foi feita com base na lista de espécies da flora vascular da Serra do Japi (Lombardi et al., 2012) e manuais de identificação (Lorenzi, 1982; Lorenzi, 1992; Souza, 2019), assim como consulta e validação dos nomes através do Herbário Virtual Re flora (Re flora, 2024) e Herbarium Rioclarense, e com do auxílio de taxonomistas.

Variáveis abióticas

Para avaliar a influência de variáveis ambientais (luz e temperatura) na riqueza e diversidade de espécies de abelhas sem ferrão e riqueza de espécies em flor, a cada transecto

realizado foram tomadas medidas de temperatura e luminosidade em três pontos de transecto (início, meio e fim) utilizado um Termohigrômetro e luxímetro- Modelo THDLA-500, Highmed Soluções em Tecnologia de Medição. As altitudes dos transectos foram consideradas possivelmente relacionadas à riqueza e diversidade de Meliponini, os valores de altitude de cada transecto foram obtidos através do programa Google Earth Pro (Google, 2022) e foram incluídos nos modelos estatísticos.

Riqueza, diversidade de espécies e composição funcional

Para cada transecto de cada Classe de uso e ocupação do solo, foram calculados os seguintes parâmetros: riqueza de Meliponíneos e Angiospermas floridas, diversidade taxonômica (diversidade de Shannon - H) e a composição funcional das comunidades de meliponini (CWMs). A composição funcional (CWMs) foi calculada para DIT e TPN, ponderada pela abundância de espécies de abelhas. Os índices funcionais de CWMs foram calculados usando o pacote “FD” no R (Laliberte & Legendre 2010).

Análises estatísticas

Para comparar a diferença na composição de espécies de abelhas e riqueza de angiospermas floridas entre as diferentes classes de uso do solo (floresta conservada, floresta perturbada e Agromosaico) foi utilizada uma análise de variância multivariada por permutação (PERMANOVA). Para identificar quais espécies de Meliponini e angiospermas floridas mais contribuíram para a diferença na composição entre as classes, foi realizada uma análise de percentagem de similaridade (SIMPER).

Para ilustrar as diferenças na composição de espécies de Meliponini e angiospermas floridas entre as classes de uso de solo, foi realizada uma análise de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) (McCune & Grace, 2002). As análises NMDS foram calculadas usando o pacote “vegan” (Oksanen et al., 2013).

Para avaliar os efeitos das diferentes classes do uso do solo e das variáveis bióticas (riqueza de plantas) e abióticas (temperatura, luminosidade e altitude) na riqueza de espécies de abelhas, diversidade de Shannon e CWMs da DIT e TPN, foram utilizadas as médias das medidas obtidas por transecto (temperatura de luminosidade) para compor modelos lineares generalizados mistos (GLMMs) utilizando o pacote ‘glmmTMB’ (Brooks et al. 2017).

As variáveis classe, riqueza de plantas, temperatura média, luminosidade média e altitude foram incluídas como fatores fixos dos modelos, enquanto o transecto e o número de visitas em campo foram tratados como um fator aleatório para levar em conta a possível autocorrelação temporal entre as amostras. Para o modelo de riqueza de espécies, foi usada uma distribuição de erro binomial negativa; para a diversidade de Shannon e o CWM DIT, foram utilizados uma distribuição de erro gaussiana e função de ligação ‘identity’; para CWM TPN, foi utilizada uma distribuição de erro gamma, com função de ligação ‘log’. Para avaliar a diferença entre as classes do uso do solo quando a variável foi significativa nos modelos, foi realizada uma análise post-hoc usando o teste de comparação múltipla de Tukey utilizando o pacote ‘emmeans’ (Lenth, 2023).

Resultados

Composição de espécies

Registramos 74 espécies de angiospermas floridas, sendo Asteraceae a família mais rica em espécies (S=17)(Apêndice 1). Destas, quarenta e oito espécies de plantas floridas foram visitadas por Meliponíneos (Apêndice 1). As plantas mais visitadas foram *Eruca vesicaria* (L.) Cav. (Brassicaceae), *Casearia sylvestris* Sw. (Salicaceae), *Eremanthus erythropapus* (DC.) MacLeish (Asteraceae), *Alternanthera brasiliana* (L.) Kuntze (Amaranthaceae) e *Croton urucurana* Baill. (Euphorbiaceae), como mostrado na Tabela 3. Trinta e sete das quarenta e oito plantas encontradas são classificadas como nativas, sendo que entre as cinco plantas mais visitadas, somente *Eruca vesicaria* não é nativa (Tabela 3).

Tabela 3: Espécies de plantas floridas onde foram registradas o maior número de visitas por Meliponíneos. NV = número de visitas.

Família	Espécie	Origem	Classe	NV
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Cultivada	Agromosaico	57
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Nativa	Agromosaico	31
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropapus</i> (DC.) MacLeish	Nativa	Conservado	27
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Nativa	Perturbado	21
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Nativa	Perturbado	20

Na classe conservada, todas as dezessete espécies de plantas registradas eram nativas, ao passo que na área perturbada a riqueza de espécies de plantas nativas caiu para quase metade

de espécies amostradas. Na área de Agromosaico, a riqueza de espécies nativas também foi alta (veja apêndice 1).

Somente as coletas ativas de Meliponini foram utilizadas nas análises deste trabalho, resultados obtidos com armadilha malaise foram desconsiderados, devido a baixa eficiência deste método na área de estudo. Ao longo de 336 horas de amostragem, somente 20 indivíduos foram capturados. *Melipona quadrifasciata* (7), *Melipona marginata* (1), *Trigona braueri* (6), *Trigona hyalinata* (1), *Paratrigona subnuda* (5). Pelo método de coleta ativa registramos 23 espécies de Meliponini nas três classes de uso de solo avaliadas, sendo 15 espécies na Floresta preservada, 13 na Floresta perturbada e 15 no Agromosaico. A composição de espécies variou significativamente entre as classes ($F=8,54$, $p=0,01$; Figura 2). *Melipona quadrifasciata*, *Melipona marginata*, e *Melipona bicolor*, foram mais frequentes na floresta conservada (Tabela 4). *Tetragonisca angustula* foi frequente no Agromosaico e *Trigona braueri* na floresta perturbada. Ao compararmos as áreas de Agromosaico com a floresta perturbada, *Trigona braueri* e *Trigona hyalinata*, aparecem de maneira mais representativa na floresta perturbada, enquanto *Paratrigona subnuda*, *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula* foram estatisticamente mais representativas no Agromosaico (Tabela 4).

Riqueza e índice de diversidade

A riqueza de abelhas, riqueza de plantas e diversidade de Shannon de abelhas variaram significativamente entre as diferentes classes de uso e ocupação do solo. Sendo a riqueza de plantas e tipo de classe de uso e ocupação as variáveis preditoras que melhor explicaram esses modelos (Riqueza de abelhas: Classe – $\text{Chisq}=7,69$, $p=0.001$; Riqueza de plantas - $\text{Chisq}=23,24$, $p<0.001$; Diversidade de Shannon: Classe – $\text{Chisq}=6,63$, $p<0.001$; Riqueza de plantas - $\text{Chisq}=16,17$, $p<0.001$) (Figura 3). Temperatura média, luminosidade média e altitude não se relacionaram com a riqueza e diversidade de abelhas nos diferentes tipos de uso do solo. Considerando a diferença entre as classes de uso do solo, a riqueza de abelhas foi maior na floresta conservada quando comparado às áreas de floresta perturbada ($Z \text{ value} = -2,38$, $p = 0,04$; Figura 3), enquanto Agromosaico não diferiu significativamente das outras duas classes (Conservado x

Agromosaico: Z value= 1,36, $p=0,32$; Perturbado x Agromosaico: Z value= -0,58, $p=0,81$). Para a diversidade taxonômica, as áreas de floresta conservada apresentaram maiores valores quando comparadas às áreas de floresta perturbada e Agromosaico, no entanto a diferença só foi significativa com o valor da classe perturbada. (Conservado x Agromosaico: Z value=1,18, $p=0,24$; Conservado x Perturbado: Z value= 3,37, $p<0,001$). As áreas de floresta perturbada e Agromosaico não diferiram significativamente para a diversidade taxonômica de abelhas (Perturbado x Agromosaico: Z value= -0,54, $p=0,59$).

Composição funcional

Para o índice de composição funcional CWM DIT, o tipo de classe do uso do solo foi a variável preditora que melhor explicou o modelo ($\chi^2 = 5,86$; $p=0,05$). Nas comparações entre as classes, apenas a classe floresta conservada apresentou diferença significativa em relação à classe floresta perturbada, com os maiores valores de CMW DIT observados na classe conservada Perturbada - Conservada (Z value = -2,42, $p=0,05$). Para o CWM de tamanho populacional dos ninhos, o tipo de classe do uso do solo também apresentou uma relação significativa no modelo, sendo os menores valores observados para a classe conservada (Floresta Conservada - Agromosaico, Z value = -2,26, $p=0,02$; Floresta Perturbada - Conservada, Z value = -3,37, $p<0,001$) (Figura 3).

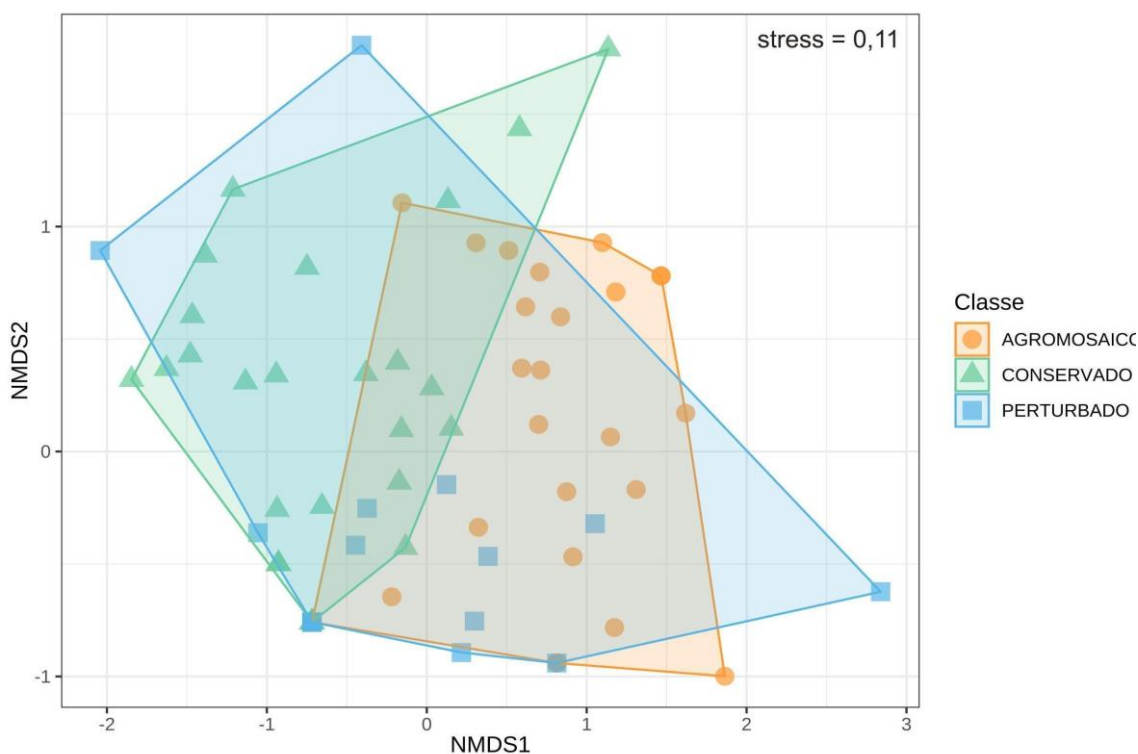


Figura 2: Análise de NMDS representando a diferença da composição de espécies de abelhas Meliponini entre as diferentes classes do uso do solo: Agromosaico, conservado (floresta conservada) e preservado (floresta preservada)..

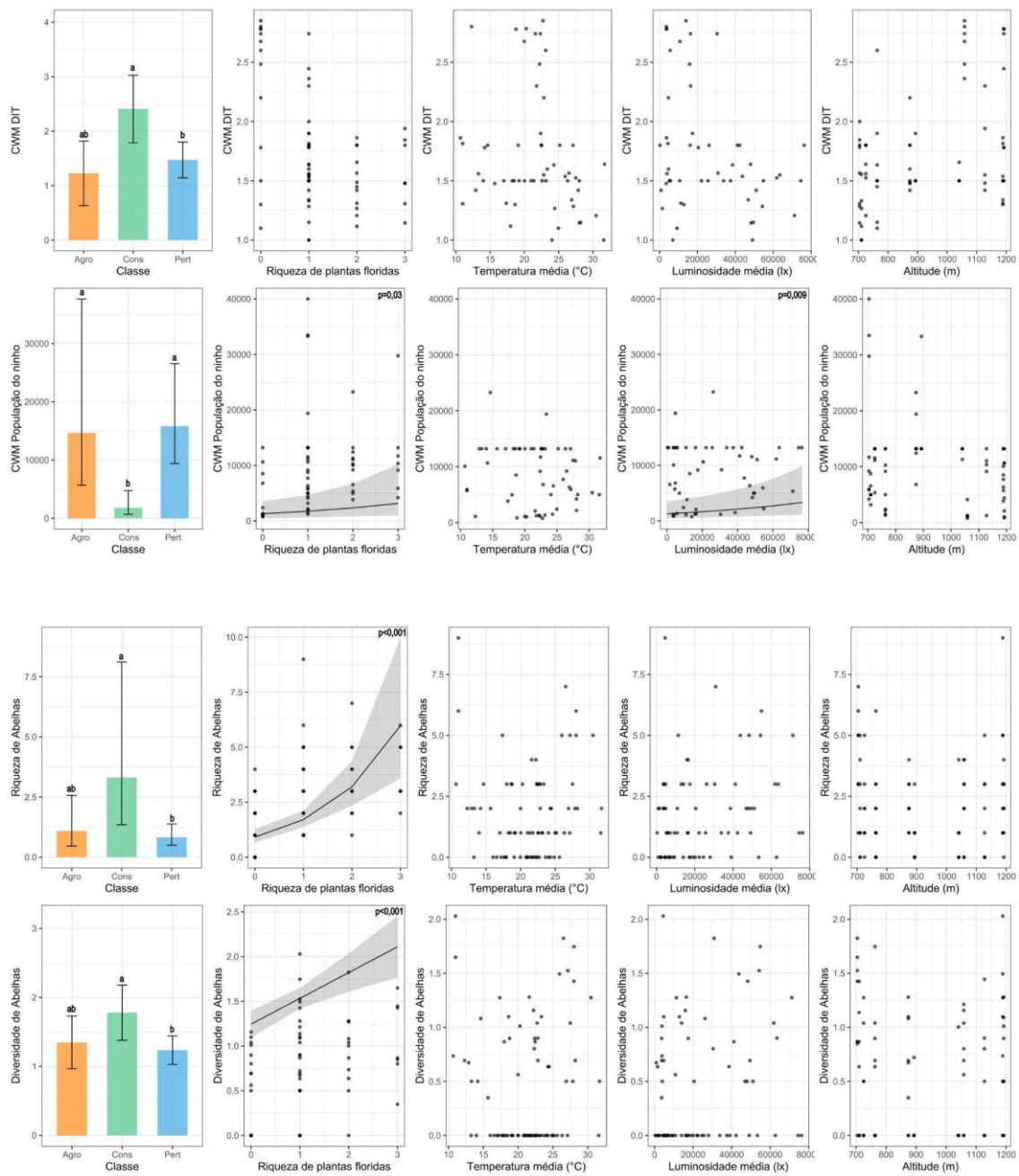


Figura 3: Gráficos representando os valores preditos de cada variável resposta (CWM DIT, CWM TPN, Riqueza de abelhas, Diversidade Taxonômica de Abelhas) e das variáveis preditoras (Classe de uso e ocupação do solo, Riqueza de espécies floridas, Temperatura média (°C), Luminosidade média (k) e Altitude (m)) que apresentaram influência significativa nos modelos. Nos gráficos de barra, as barras representam a média e as linhas representam o desvio padrão; letras diferentes representam diferença estatística significativa entre as classes. Nos gráficos de dispersão, as variáveis preditoras com influência significativa apresentam a linha de tendência e intervalo de confiança (cinza) indicados.

Tabela 4: Resultados da análise de SIMPER evidenciando as espécies que mais contribuíram para a diferença na composição entre as classes de uso de solo na Serra do Japi, São Paulo. Classes de uso: Floresta conservada = conservado; floresta perturbada = perturbado e Agromosaico

 CONSERVADO x AGROMOSAICO

Espécies	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
<i>Trigona braueri</i>	0.178	0.199	0.895	2.154	0.231	0.191	0.696
<i>Tetragonisca angustula</i>	0.109	0.118	0.924	0.269	2.115	0.308	0.006
<i>Melipona quadrifasciata</i>	0.092	0.141	0.654	1.539	0.000	0.407	0.001
<i>Trigona spinipes</i>	0.089	0.136	0.656	0.192	1.192	0.503	0.820
<i>Melipona marginata</i>	0.079	0.123	0.642	1.269	0.000	0.588	0.003
<i>Tetragona clavipes</i>	0.066	0.119	0.558	0.615	0.539	0.659	0.079
<i>Paratrigona subnuda</i>	0.063	0.090	0.703	0.308	1.308	0.727	0.484
<i>Melipona bicolor</i>	0.051	0.094	0.541	0.769	0.000	0.781	0.026

CONSERVADO x PERTURBADO

Espécies	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
<i>Trigona braueri</i>	0.219	0.196	1.114	2.154	2.450	0.270	0.037
<i>Melipona quadrifasciata</i>	0.099	0.149	0.662	1.539	0.000	0.393	0.002
<i>Melipona marginata</i>	0.087	0.130	0.674	1.269	0.050	0.501	0.005
<i>Trigona spinipes</i>	0.074	0.133	0.557	0.192	1.050	0.593	0.949
<i>Melipona bicolor</i>	0.057	0.099	0.574	0.769	0.050	0.663	0.010
<i>Tetragona clavipes</i>	0.045	0.121	0.370	0.615	0.100	0.719	0.762

AGROMOSAICO x PERTURBADO

Espécies	average	sd	ratio	ava	avb	cumsum	p
<i>Trigona braueri</i>	0.220	0.220	1.001	0.231	2.450	0.243	0.026
<i>Trigona spinipes</i>	0.151	0.194	0.779	1.192	1.050	0.410	0.001
<i>Tetragonisca angustula</i>	0.130	0.147	0.881	2.115	0.050	0.553	0.002
<i>Trigona hyalinata</i>	0.090	0.181	0.499	0.615	0.650	0.652	0.021

<i>Paratrigona subnuda</i>	0.084	0.114	0.736	1.308	0.550	0.745	0.017
----------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--------------

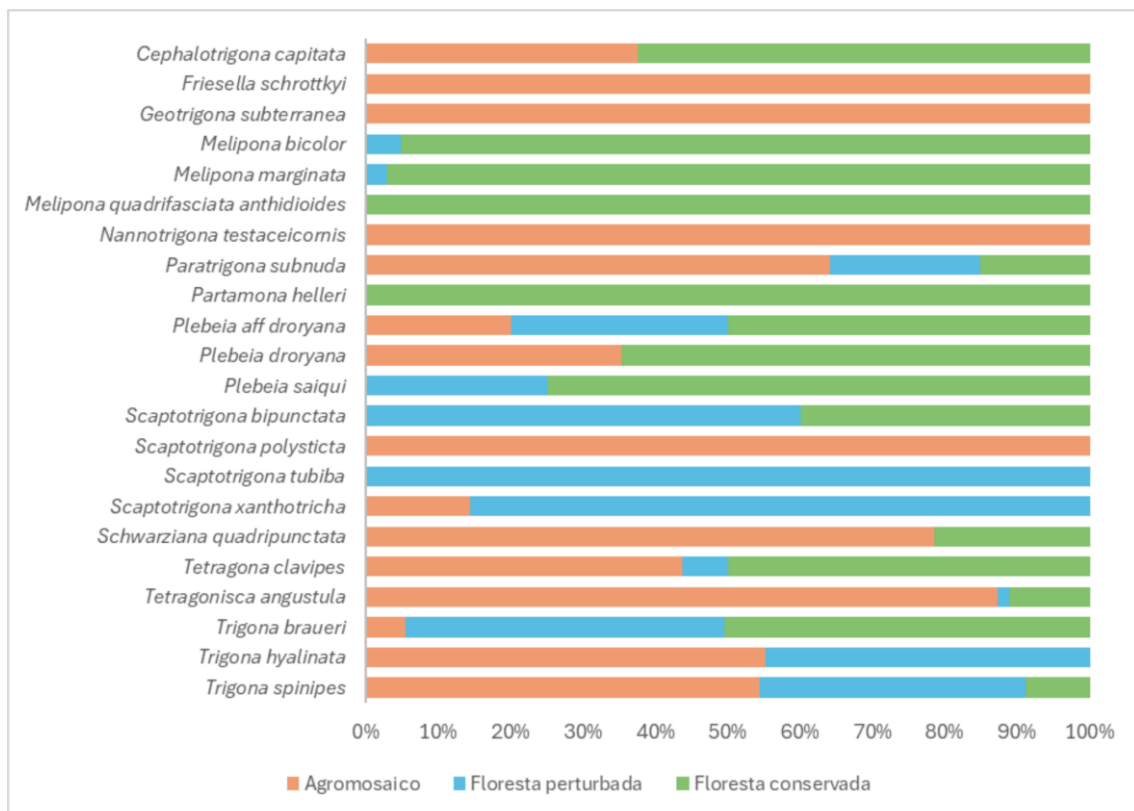


Figura 4: Contribuição percentual das Classes de uso do solo sobre a porcentagem coleta de cada espécie de Meliponíneos na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo.

Discussão:

Variáveis abióticas e a distribuição das abelhas na paisagem:

A altitude não se mostrou preditora na riqueza, diversidade e composição da comunidade. Embora esta variável seja classicamente vista como um fator de influência em comunidades ecológicas, a faixa altitudinal do experimento assim como a variação altitudinal entre as áreas de coleta, correspondem a valores menores do que o encontrado em trabalhos que constatarem o efeito da altitude sobre Meliponíneos (Pereboom & Biesmeijer ,2003). A

temperatura média dos transectos, também não apresentou relação com a riqueza, diversidade e composição da comunidade. A luminosidade apresentou uma relação positiva, significativa com PNE, provavelmente associada à frequência elevada de Trigonas no Agromosaico. A luminosidade apresentou uma relação positiva, significativa apenas com a População do Ninho por espécie (PNE), provavelmente associada à frequência significativa de Trigonas no Agromosaico.

Riqueza e diversidade de abelhas Meliponini

As variáveis microclimáticas (temperatura e luminosidade) não influenciaram na riqueza e diversidades taxonômica e funcional de abelhas, e demonstram que interferências microclimáticas, no momento da coleta, não foram relevantes. A diferença significativa entre a riqueza de abelhas da Floresta preservada e Floresta perturbada, pode estar associada a maior capacidade de suporte alimentar e de nidificação em áreas conservadas (Felderhoff et al., 2023). A complexidade vegetacional e a oferta de lugares para nidificação são apontados como preditoras da diversidade de abelhas (Antonini et al., 2013; Felderhoff et al., 2023)

A riqueza e diversidade taxonômica Meliponini também foi associada à riqueza de espécies de plantas floridas, relação que já demonstrada para outras comunidades de abelhas (Hall et al., 2019). Esta riqueza de espécies de plantas floridas pode explicar como ambientes com grande perturbação antrópica como o Agromosaico apresentam uma riqueza e diversidade de espécies de Meliponini semelhantes à ambientes florestados, das classes conservadas e perturbadas (Harvey et al., 2006; Fischer et al., 2010). O Agromosaico, como muitas paisagens rurais, é composto por um mosaico de elementos semi naturais com limites de propriedades, bordas de estradas e limites de talhões agrícolas arborizados que, por conterem uma grande variedade de recursos florais, podem sustentar a riqueza de abelhas levantada (Holzschuh et al., 2013; Hall, 2019). Essa grande oferta de recursos florais no Agromosaico pode ser um fator importante para entender a relação não significativa entre riqueza e diversidade de abelhas com as classes de uso e ocupação do solo (Apêndice 1). Portanto, o entendimento do efeito dos diferentes usos de solo é complexo e avaliações mais refinadas de riqueza e abundância de recursos ao longo do tempo são necessárias para elucidar melhor as diferenças e convergências na riqueza de abelhas nessas paisagens antropizadas e naturais

Composição de espécies de Meliponini

Embora as classes de uso de solo não difiram significativamente quanto a riqueza e diversidade taxonômica de abelhas Meliponini, diferenças na composição das comunidades podem ser percebidas. Nós observamos, no presente estudo, que espécies de Meliponini com hábito generalista podem se beneficiar das mudanças estruturais da paisagem, ao passo que as especialistas podem desaparecer (Brown & Oliveira, 2014). *Melipona quadrifasciata*, *Melipona marginata* e *Melipona bicolor*, espécies de hábito especializado, contribuíram para a distinção da Classe 1 (Florestas conservada) das demais classes de uso de solo. É sabido que a estrutura vegetacional influencia a composição de espécies de Meliponini (Brown & Oliveira, 2014), áreas florestais em estágio sucessional mais avançado abrigam um maior número de espécies de Meliponini, com nicho ecológico mais estreito, como as abelhas do gênero *Melipona* (Imperatriz-Fonseca, 2004; Antonini, 2013; Brown & Oliveira, 2014).

Tetragonisca angustula, *Paratrigona subnuda* e *Trigona spinipes* distinguiram o Agromosaico da Floresta Perturbada. Essa distinção está relacionada ao hábito generalista dessas espécies (Kleinert & Giannini, 2012), que ao se beneficiam das mudanças promovidas por atividades humanas, passam a dominar as comunidades (Kleinert & Giannini, 2012; Velez-Ruiz et al, 2013; Hall et al., 2019). Essas espécies são mais abundantes no Agromosaico devido a baixa exigência ambiental para construir seus ninhos, hábito alimentar generalista e comportamento defensivo dos recursos florais. *Trigona spinipes* constroi ninhos externos em uma grande variedade de substratos, sem a necessidade de cavidades pré existentes para construir seus ninhos (Nogueira-Neto, 1962). Ademais, *T. spinipes* visita uma grande gama de recursos florais (Kleinert & Giannini, 2012) e se comporta como pilhador de pólen, e defende de maneira agressiva os recursos florais disponíveis (Nieh et al, 2005), sendo considerada uma praga agrícola de muitas culturas (Ribeiro, 2010). *Tetragonisca angustula* além de visitar diversos recursos florais (Kleinert & Giannini, 2012), constrói ninhos de pequenas dimensões no interior de cavidades pré-existentes em árvores, buracos no solo, fendas em rochas ou estruturas construídas pelo homem (Siqueira, 2012; Roubik & Patiño, 2013; Borges et al., 2020). *Paratrigona subnuda* nidifica em cavidades no solo podendo ocupar também outros tipos de cavidade. (Fonseca, 1972; Borges et al, 2020), e também é apontada como espécie generalista (Kleinert & Giannini, 2012).

Diferenças na composição da comunidade de Meliponini podem gerar diferenças no serviço de polinização. O gênero *Melipona*, diferentemente da maioria das espécies de Meliponini, apresenta a capacidade coletar pólen com anteras poricidas por vibração (Roubik, 1989; Cordeiro et al., 2024), sendo relacionadas ao serviço de polinização de famílias com antera poricida (Roselino, 2010; Bartelli, 2014), como as Solanaceae. A diferença significativa

na distribuição espacial de *Melipona quadrifasciata*, *Melipona bicolor* e *Melipona marginata* (Figura 4), pode criar uma diferença nos serviços de polinização oferecidos pela comunidade de Meliponini entre diferentes classes de uso e ocupação do solo avaliadas (Larsen et al., 2005; Biesmeijer et al. 2006).

Embora *Trigona hyalinata* e *Trigona braueri* tenham distinguido significativamente a Floresta Perturbada do Agromosaico, sendo mais frequentes na Floresta Perturbada, o significado biológico da maior frequência dessas abelhas na Floresta perturbada parece não convergir em uma única explicação para as duas espécies. *Trigona hyalinata* é uma espécie de ampla distribuição, comum em paisagens agrícolas, extremamente agressiva na defesa de recursos e na pilhagem de flores, sendo considerada uma praga em diversas culturas agrícolas (Renner, 1983; Lichtenberg et al., 2011), constrói ninhos externos com dezenas de milhares de operárias (Cordeiro et al., 2024), é vista como uma espécie competidora de *T. spinipes* (Lichtenberg et al., 2011) sendo surpreendente sua abundância significativamente menor no Agromosaico em relação a Floresta perturbada. *Trigona braueri* é uma espécie pouco estudada quando comparada a *T. hyalinata*, tornando difícil a comparação entre as espécies. Porém *T. braueri* possui um hábito de nidificação muito distinto de *T. hyalinata*, nidificando em grandes cavidades pré existentes na base de árvores e no solo (Von Ihering, 1904), característica que pode estar limitando a ocupação do Agromosaico por esta espécie.

Composição funcional:

A análise de composição funcional (CWM) de valores da distância intertegular (DIT) apontou uma diferença significativa entre a Floresta Conservada e a Floresta Perturbada. O maior valor de DIT para a Floresta Conservada pode ser explicado ao observarmos que essa classe possui uma frequência significativamente maior de *Melipona quadrifasciata*, *Melipona bicolor* e *Melipona marginata* que a classe Perturbada. Meliponas são abelhas grandes, e por isso apresentam altos valores de DIT (Araujo et al., 2004; Borges et al., 2020). No entanto, apesar do Agromosaico não abrigar Meliponas, não houve diferença significativa na composição funcional entre a Floresta Conservada e Agromosaico pela análise de CWM, embora os valores da Classe Conservada seja bem mais elevado (Conservado x Agromosaico, Z value = 2,08, p= 0,11). Essa grande diferença não significativa dos valores de DIT, pode estar relacionada a presença de *Cephalotrigona capitata* no Agromosaico, um meliponíneo que, embora tenha sido pouco abundante, é de grande porte. *Cephalotrigona capitata* foi encontrada somente na Floresta conservada e no Agromosaico (Figura 4)

A análise de composição funcional (CWM) para População do Ninho por espécie (PNE), apontou que a Floresta Conservada apresentou menores valores de PNE do que as demais classes. O Agromosaico apresentou maior valor que a Floresta perturbada. A diferença entre o aumento da população das espécies de meliponini e o tipo de classe de uso e ocupação de solo pode ser associada com a relação entre a composição de espécies de Meliponini de cada classe de uso do solo. O gênero *Melipona* apresenta poucas operárias por ninho quando comparado a maioria dos meliponíneos, ao passo que o Gênero *Trigona*, mais expressivo na composição da Floresta perturbada e no Agromosaico, tem os ninhos mais populosos conhecidos para os Meliponini em todo mundo (Nogueira Neto, 1997; Gruter, 2020).

Conclusão:

As variáveis abióticas tiveram um papel menor do que o esperado para explicar a diversidade de Meliponini, revelando um maior peso das variáveis bióticas para a manutenção dessas comunidades na Serra do Japi. A riqueza de recurso florais foi o principal fator associado à diversidade de Meliponini, o uso e ocupação do solo, estabelecido nas classes, explica parcialmente a diversidade, ao passo que as atividades antrópicas na Floresta Perturbada e Agromosaico promovem outros efeitos importantes na estrutura na paisagem que vão além da riqueza de recursos florais, como disponibilidade de locais de nidificação. A simplificação da paisagem, afeta espécies especialistas de abelhas, sobretudo espécies que dependem de condições muito específicas para a construção de seus ninhos. Em suma, a forma de uso e ocupação é um forte agente transformador da comunidade de Meliponini, ao passo que a simplificação da paisagem favorece espécies generalistas e de hábito pilhador como as *Trigonas*, e restringe a áreas conservadas as grandes abelhas vibradoras do gênero *Melipona*, alterando o serviço ecossistêmico de polinização. Os resultados deste trabalho ressaltam a importância da conservação de áreas florestais conservadas para a manutenção de Meliponíneos e seus serviços como polinizadores (Brown & Paxton, 2009; LeBuhn, 2013; Kennedy et al., 2013; Raven & Vagner, 2021).

No entanto, outros efeitos da antropização da paisagem afetam a diversidade de Meliponini como diferenças na tolerância a poluentes (De Moraes et al., 2018; Botina et al., 2022; De Souza, 2024) e diferentes tipos de ninhos de Meliponini estão associadas à capacidade

de sobrevivência dessas espécies (Antonini, 2003; Antonini, 2013; Brown & Oliveira, 2014; Macias- Macias et al, 2014) necessitam mais pesquisas. Estudos voltados para a toxicologia e ecologia da nidificação das espécies de Meliponini podem contribuir para o entendimento mais amplo da antropização da Mata Atlântica sobre a comunidade de Meliponini.

Referências

- AB’SABER, A. M. Estudo de tombamento da Serra do Japi-Jundiaí. São Paulo: Condephaat, 1979.
- ANTONINI, Yasmine et al. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. *Urban Ecosystems*, v. 16, p. 527-541, 2013.
- ANTONINI, Yasmine; MARTINS, Rogério P. The value of a tree species (*Caryocar brasiliense*) for a stingless bee *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*. *Journal of Insect Conservation*, v. 7, p. 167-174, 2003.
- ARAÚJO, E. D. et al. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. *Brazilian Journal of Biology*, v. 64, p. 563-568, 2004.
- BARTELLI, Bruno Ferreira; NOGUEIRA-FERREIRA, Fernanda Helena. Pollination services provided by *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses with *Solanum lycopersicum* L.(Solanaceae). *Sociobiology*, v. 61, n. 4, p. 510-516, 2014.
- BIESMEIJER, Jacobus C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- BORGES, Rafael Cabral et al. A dataset of multi-functional ecological traits of Brazilian bees. *Scientific Data*, v. 7, n. 1, p. 120, 2020.
- BOTINA JOJOA, Lorena Lisbetd. Toxicological assessments of lethal and sublethal effects caused by exposure to agrochemicals in stingless bees (APIDAE, Meliponini). 2022.
- Brooks M., Bolker B., Kristensen K., Maechler M., Magnusson A., Skaug H., Nielsen A., Berg C., Van Benthem K. (2017) glmmTMB: Generalized Linear Mixed Models using Template Model Builder. :1.1.10. [online] URL: <https://CRAN.R-project.org/package=glmmTMB> (accessed 25 November 2024).

BROSI, Berry J. et al. *Ecological Applications*, v. 17, n. 2, p. 418-430, 2007.

BROWN, J. C., DE OLIVEIRA, M. L. The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie*, v. 45, n. 2, p. 172-188, 2014.

BROWN, Mark J. F.; PAXTON, Robert J. Die Erhaltung der Bienen: Eine globale. *Apidologie*, v. 40, p. 410-416, 2009.

BUENO, Francisco Garcia Bulle et al. Stingless bee floral visitation in the global tropics and subtropics. *Global Ecology and Conservation*, v. 43, p. e02454, 2023.

CAMARGO, J. M. F., PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S., URBAN, D. & MELO, G. A. R. (Orgs). *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region* - online version. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 17 jun. 2022.

CARDOSO-LEITE, E., PAGANI, M.I., MONTEIRO, R.R., HAMBURGER, D.S. Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, v. 19, p. 233-243, 2005.

CELY-SANTOS, Marcela; PHILPOTT, Stacy M. Local and landscape habitat influences on bee diversity in agricultural landscapes in Anolaima, Colombia. *Journal of Insect Conservation*, v. 23, p. 133-146, 2019.

CHACOFF, Natacha Paola et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. 2013.

CORDEIRO GD., Gianini, T.C., Consorte, P.M., Costa A.C.J., Machia, W.M., Marques, B.F., Mazzei, N.D., Menezes, P.P., Resende, L.S., Shimoda, J., Sousa, F.G., Souza, R.S., Acosta, A.L., Aguiar, A.J.C., Almeida, E.A.B., Alves, D.A., Alves dos Santos, I., Andrade, T.O, Anjos-Silva, E.J., Barbosa, A.S., Barbosa, E.R.M., Bezerra, L.A., Borges, R.C., Brito, T.F., Camacho, G.P., Campbell, A.J., Castro, M.S., Coelho, B.W.T., Ferrari, R.R., Garofalo, C.A., Gonzalez-Chaves, A.D., Kelles, G.O., Lichtenberg, E.M, Martinez-Martinez, C.A, Martins, M.B, Martins, A.C, Maués, M.M., Moleiro, H.P., Mougá, D.M.D.S., Oliveira, F.F., Ramos, R.L., Rocha-Filho, L.C., Santos, I.P.V., Santos, S., Santos-Junior, J.E, Shibata, A., Silva, D.P., Teixeira, C.M.N., Tietz, A.L., Trindade-Santos, M.E., Vilhena, P.S., Vivallo, F., Carcalehiro, L.G. 2024 Brazilian bee traits database: addressing the raunkerian shortfall for neotropical bees. *Ecology*, in review.

- COUTINHO, Jeferson GE et al. Landscape structure is a major driver of bee functional diversity in crops. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 624835, 2021.
- DA COSTA MACEDO, Carlos Roberto et al. *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*, v. 21, 2020.
- DE ALMEIDA, Fernando Flávio Marques et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.
- DE MORAIS, Cássio Resende et al. Ecotoxicological effects of the insecticide fipronil in Brazilian native stingless bees *Melipona scutellaris* (Apidae: Meliponini). *Chemosphere*, v. 206, p. 632-642, 2018.
- DE SOUZA, Fernanda Carolaine et al. Thiamethoxam toxicity on the stingless bee *Friesiometitta varia*: LC50, survival time, and enzymatic biomarkers assessment. *Chemosphere*, v. 363, p. 142853, 2024.
- ENGEL, Michael S. et al. Stingless bee classification and biology (Hymenoptera, Apidae): a review, with an updated key to genera and subgenera. *ZooKeys*, v. 1172, p. 239, 2023.
- FELDERHOFF, Julia et al. Vegetation complexity and nesting resource availability predict bee diversity and functional traits in community gardens. *Ecological Applications*, v. 33, n. 2, p. e2759, 2023.
- FISCHER, Joern et al. Tree decline and the future of Australian farmland biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 107, n. 45, p. 19597-19602, 2010.
- FONSECA, Vera Lúcia Imperatriz; SOUZA, SCF de; NOGUEIRA-NETO, Paulo. Subterranean nest structure of a stingless bee (*Paratrigona subnuda* Moure) (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera). 1972.
- FOWLER, H. G. Responses by a stingless bee to a subtropical environment. *Revista de Biologia Tropical*, v. 27, n. 1, p. 111–118-111–118, 1979.
- FREITAS, B. M., DA SILVA, C. I. O papel dos Polinizadores na produção agrícola no Brasil. In: A.B.E.L.H.A - Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - Agricultura e Polinizadores. São Paulo, 2015. p. 9-18.
- GIANNINI, T. C. et al. Crop pollinators in Brazil: a review of reported interactions. *Apidologie*, v. 46, p. 209-223, 2015.

GOOGLE. Google Earth Pro [programa de computador]. Versão 7.3. Mountain View, CA: Google Inc., 2022. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/pro/>>. Acesso em: 21 nov. 2022.

GOULSON, Dave et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, v. 347, n. 6229, p. 1255-1257, 2015.

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

GRÜTER, C. Evolution and diversity of stingless bees. In: *Stingless Bees*. Cham: Springer, 2020. p. 43-86.

HALL, Mark A. et al. The response of wild bees to tree cover and rural land use is mediated by species' traits. *Biological Conservation*, v. 231, p. 1-12, 2019.

HARVEY, Celia A. et al. Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological applications*, v. 16, n. 5, p. 1986-1999, 2006.

HILÁRIO, Sergio Dias; IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia; KLEINERT, AdMP. Flight activity and colony strength in the stingless bee *Melipona bicolor bicolor* (Apidae, Meliponinae). *Revista brasileira de biologia*, v. 60, p. 299-306, 2000.

HOISS, Bernhard et al. Altitude acts as an environmental filter on phylogenetic composition, traits and diversity in bee communities. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 279, n. 1746, p. 4447-4456, 2012.

HOLZSCHUH, Andrea et al. Mass-flowering crops enhance wild bee abundance. *Oecologia*, v. 172, p. 477-484, 2013.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia. In: XV Congresso Brasileiro de Apicultura. Natal, RN, 2004. p. 1-7.

IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; CONTRERA, Felipe Andrés León; KLEINERT, Astrid Matos Peixoto. A meliponicultura e a iniciativa brasileira dos polinizadores. In: XV Congresso Brasileiro de Apicultura. Natal, RN, 2004. p. 1-7.

JUNDIAÍ. Lei nº 3.672, de 10 de janeiro de 1991. Cria a Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi. Decreto nº 13.196, de 30 de dezembro de 1992. Available in <<http://www.jundiai.sp.gov>> Acessado em 20 de junho de 2022.

JUNDIAÍ. Lei nº 9321, de 11 de novembro de 2019. Revisa o PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE JUNDIAÍ; e dá outras providências. <https://sapl.jundiai.sp.leg.br/consultas/norma_juridica> Acessado em 20 de junho de 2022.

KHALIFA, Shaden AM et al. Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, v. 12, n. 8, p. 688, 2021.

KENNEDY, Christina M. et al. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology letters*, v. 16, n. 5, p. 584-599, 2013.

KLEINERT, Astrid de Matos Peixoto; GIANNINI, Tereza Cristina. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. *Psyche: A Journal of Entomology*, v. 2012, n. 1, p. 291519, 2012.

LALIBERTE, E.; LEGENDRE, P. A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits. *Ecology*, v. 91, p. 299–305, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/08-2244.1>.

LARSEN, Trond H.; WILLIAMS, Neal M.; KREMEN, Claire. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology letters*, v. 8, n. 5, p. 538-547, 2005.

LAVOREL, S.; GARNIER, E. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, v. 16, p. 545–556, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00664.x>.

LEBUHN, G., DROEGE, S., CONNOR, E. F., GEMMILL-HERREN, B., POTTS, S. G., MINCKLEY, R. L., et al. Detecting insect pollinator declines on regional and global scales. *Conservation Biology*, v. 27, n. 1, p. 113-120, 2013.

LEITÃO-FILHO, H. de F. A flora arbórea da Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi*, p. 40-62, 1992.

LEITÃO-FILHO, H. F.; MORELLATO, L. P. C. Semideciduous forests of Southeastern Brasil – Serra do Japi. In: DAVIS, S. D.; HEYWOOD, V. H.; HERRERA-MACBRYDE, O.; VILLALOBOS, J.; HAMILTON, A. C. (eds.). *Centres for plant diversity: a guide and strategy for their conservation*. Washington: IUCN, WWF, 1997. p. 381-384.

Lenth, R. V. (2023). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. R package version 1.8.6. URL: <https://cran.r-project.org/package=emmeans>.

- LICHTENBERG, Elinor M. et al. Olfactory eavesdropping between two competing stingless bee species. *Behavioral ecology and sociobiology*, v. 65, p. 763-774, 2011.
- LIMA, Valdeir Pereira; MARCHIORO, Cesar Augusto. Brazilian stingless bees are threatened by habitat conversion and climate change. *Regional Environmental Change*, v. 21, n. 1, p. 14, 2021.
- LOMBARDI, Julio Antonio et al. Vascular flora of Serra do Japi Biological Reserve, Jundiaí, southeastern Brazil. *Rodriguésia*, v. 63, p. 333-340, 2012.
- LORENZI, Harri et al. *Árvores brasileiras*. 1992.
- LORENZI, Harri. *Plantas daninhas do Brasil*. São Paulo: H. Lorenzi, 1982.
- MACIAS-MACIAS, Jose Octavio et al. Nesting sites, nest density and spatial distribution of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in two highland zones of western, Mexico. *Sociobiology*, v. 61, n. 4, p. 423-427, 2014.
- MCCUNE, B.; GRACE, J. B. *Analysis of Ecological Communities*. Gleneden Beach, Oregon, USA: MjM Software, 2002.
- MORELLATO, L. P. C. Introdução. In: MORELLATO, L. P. C. (ed.). *História natural da Serra do Japi*. Campinas: Editora da UNICAMP, FAPESP, 1992a. p. 8-11.
- MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. F.; JOLY, C. A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e Floresta Mesófila Semidecídua na Serra do Japi, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 12, p. 85-98, 1989.
- NIEH, J. C.; KRUIZINGA, K.; BARRETO, L. S.; CONTRERA, F. A. L.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Effect of group size on the aggression strategy of an extirpating stingless bee, *Trigona spinipes*. *Insectes Sociaux*, v. 52, n. 2, p. 147-154, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00040-004-0785-6>.
- NOGUEIRA-NETO, P. The scutellum nest structure of *Trigona* (*Trigona*) *spinipes* Fab. (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the New York Entomological Society*, v. 70, p. 239-264, 1962.
- NOGUEIRA-NETO, P. *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. Nogueirapis, 1997.
- OKSANEN, J. et al. Package ‘vegan’. *Community ecology package*. version 2 (9), 1–295, 2013.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PAES, Maria Tereza Duarte; EICHENBERGER, Vitória. O tombamento da Serra do Japi (SP): a patrimonialização da natureza em áreas críticas do estado de São Paulo. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 41, p. e182798-e182798, 2021.

PEREBOOM, J. J. M.; BIESMEIJER, J. C. Thermal constraints for stingless bee foragers: the importance of body size and coloration. *Oecologia*, v. 137, p. 42-50, 2003.

PINTO, Hilton Silveira. O clima da Serra do Japi. *História natural da Serra do Japi*, p. 30-38, 1992.

POTTS, Simon G. et al. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, v. 540, n. 7632, p. 220-229, 2016.

RAMALHO, Mauro. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, p. 37-47, 2004.

RAVEN, Peter H.; WAGNER, David L. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 118, n. 2, p. e2002548117, 2021.

REAL-LUNA, Natalia et al. Las abejas sin aguijón (Tribu Meliponini) en los agroecosistemas de América Latina. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, v. 13, n. 2, p. 331-344, 2022.

RECH, André Rodrigo et al. The macroecology of animal versus wind pollination: ecological factors are more important than historical climate stability. *Plant Ecology & Diversity*, v. 9, n. 3, p. 253-262, 2016.

REFLORA - Herbário Virtual. Disponível em: <https://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbarioVirtual/>. Acesso em: 28 jul. 2024.

RENNER, Susanne. The widespread occurrence of anther destruction by *Trigona* bees in Melastomataceae. *Biotropica*, p. 251-256, 1983.

REZENDE, Camila Linhares et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 16, n. 4, p. 208-214, 2018.

RIBEIRO, M. de F. Abelha Irapuá (*Trigona spinipes*): comportamento polinizador e destrutivo e em plantas nativas e cultivadas. 2010.

Roselino, A. C., Bispo dos Santos, S. A. & Bego, L. R. (2010). Qualidade dos frutos de pimentão (*Capsicum annuum* L.) a partir de flores polinizadas por abelhas sem ferrão (*Melipona*

quadrifasciata anthidioides Lepeletier 1836 e *Melipona scutellaris* Latreille 1811) sob cultivo protegido. R. Bras. Bioci., 8: 154-158.

ROUBIK, David W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989.

ROUBIK, David W. Stingless bee (Apidae: Apinae: Meliponini) ecology. Annual Review of Entomology, v. 68, n. 1, p. 231-256, 2023.

ROUBIK, David W.; PATIÑO, Jorge Enrique Moreno. How to be a bee-botanist using pollen spectra. In: Pot-Honey: A legacy of stingless bees. New York, NY: Springer New York, 2012. p. 295-314.

SAKAGAMI, Sh F. Ethosoziologischer. Zeitschrift für Tierpsychologie, v. 28, n. 4, p. 337-350, 1971.

SAKAGAMI, Shoichi F.; LAROCA, Sebastião; MOURE, Jesus Santiago. Wild Bee Biocoenotics in São Jose dos Pinhais (PR), South Brazil.: Preliminary Report (With 3 Text-figures and 7 Tables). 北海道大學理學部紀要, v. 16, n. 2, p. 253-291, 1967.

SÃO PAULO. Lei nº4.095, de 12 de junho de 1984. Declara área de proteção ambiental a região urbana e rural do Município de Jundiaí. Publicada na Assessoria Técnico-Legislativa, aos 12 de junho de 1984. <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1984/lei-4095-12.06.1984>>Acessado em 20 de junho de 2022.

SILVEIRA, Fernando A.; MELO, Gabriel AR; ALMEIDA, Eduardo AB. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Guilherme Carnevale Carmona, 2002.

SIQUEIRA, Estefane Nascimento Leoncini et al. Diversity and nesting substrates of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in a forest remnant. Psyche: A Journal of Entomology, v. 2012, n. 1, p. 370895, 2012.

SOUZA, Vinícius Castro et al. Guia das plantas da Mata Atlântica-Floresta Estacional. Piracicaba: Liana, 2019.

SPAETHE, Johannes et al. Size determines antennal sensitivity and behavioral threshold to odors in bumblebee workers. Naturwissenschaften, v. 94, p. 733-739, 2007.

STREINZER, Martin; HUBER, Werner; SPAETHE, Johannes. Body size limits dim-light foraging activity in stingless bees (Apidae: Meliponini). Journal of Comparative Physiology A, v. 202, p. 643-655, 2016.

TEIXEIRA, Lila Vianna; CAMPOS, Fernanda de Nitto Melo. Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 7, n. 2, 2005.

TOWNES, Henry et al. A light-weight Malaise trap. *Entomological news*, v. 83, n. 9, p. 239-247, 1972.

VELEZ-RUIZ, Rita I.; GONZALEZ, Victor H.; ENGEL, Michael S. Observations on the urban ecology of the Neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). 2013.

VENTURINI, Eric M. et al. Pollination reservoirs for wild bee habitat enhancement in cropping systems: a review. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, v. 41, n. 2, p. 101-142, 2017.

ZITOMER, Rachel A. et al. Bee diversity decreases rapidly with time since harvest in intensively managed conifer forests. *Ecological Applications*, v. 33, n. 5, p. e2855, 2023.

Capítulo 2

Levantamento das espécies de Meliponini da Serra do Japi

Introdução

A importância ecossistêmica das abelhas é amplamente reconhecida pelo serviço de polinização em vegetações naturais (Michener, 2007). Abelhas sem ferrão, conhecidas como Meliponini, surgiram no Cretáceo e provavelmente, desde então, desempenham um forte papel ecológico nos trópicos (Michener & Grimaldi, 1988). Os Meliponini representam mais de 70 por cento das abelhas encontradas em flores na Mata Atlântica (Ramalho, 2004), o que confere um papel fundamental às abelhas Meliponini na manutenção deste bioma. A linhagem Meliponini é a mais diversa entre as abelhas corbiculadas do mundo (Cardinal & Packer, 2007). Mais de 600 espécies de meliponíneos são conhecidas atualmente, sendo 400 espécies deste conjunto, exclusivas da região Neotropical (Engel et al, 2023).

Entretanto, inúmeras observações vêm reportando o declínio de abelhas em escala global, e a situação de vulnerabilidade de muitas espécies tropicais ainda permanece praticamente desconhecida (Ghazoul, 2005; LeBuhn et al., 2013, BPBES, 2019). O Brasil é frequentemente lembrado como o país mais biodiverso do mundo, contendo sozinho de 15% a 20% de toda diversidade conhecida do planeta (UN environment programme, 2024). Apesar disso, ainda existem expressivas lacunas no conhecimento taxonômico, biogeográfico, ecológico e evolutivo de sua biodiversidade (Oliveira et al., 2016; Oliveira et al., 2017). Ao analisarmos o clado Meliponini, a relevância da biodiversidade brasileira é ainda maior. Segundo Nogueira (2023) existem no Brasil pelo menos 259 espécies de meliponíneos descritos e 62 formas ainda não descritas, fazendo do Brasil o detentor de mais da metade da diversidade Neotropical de Meliponini, descritas ou não.

São Paulo é o Estado mais populoso, urbanizado e industrializado do Brasil (IBGE, 2024) e, por consequência, apresenta pressões antrópicas sobre áreas naturais, equivalentes aos seus índices de desenvolvimento econômico. Dessa forma, o ritmo das transformações espaciais do Estado dita uma corrida por entender a biodiversidade em declínio nas áreas naturais do estado. Nas últimas décadas, poucos inventários relativos à melissofauna têm sido realizados em áreas naturais, sendo que os principais esforços de coleta da melissofauna do Estado foram realizados há cerca de 30 anos (Silveira & Campos, 1995; Ramalho, 1995; Wilms, 1995; Aguilar, 1998; Gonçalves & Brandão, 2008). Fruto deste esforço acumulativo, atualmente são conhecidas 58 espécies de Meliponini para São Paulo (Moure et al, 2007).

A Serra do Japi, localizada em Jundiaí - SP, é um dos maiores fragmentos de mata atlântica remanescentes do Estado de São Paulo. Devido a sua localização entre duas grandes malhas urbanas, Campinas- SP e São Paulo-SP, a região do Japi sofre intensa pressão antrópica oriunda do desenvolvimento econômico crescente da região (Morellato, 1992; Paes, 2021). Essa grande porção de floresta estacional semidecídua do Estado de São Paulo, nunca antes havia recebido um levantamento sistemático de abelhas Meliponini. O levantamento de Meliponini proposto, é uma oportunidade de entender e observar a diversidade dessas abelhas em uma grande porção de floresta conectada e bem preservada e seu entorno, podendo trazer informações de como as comunidades de abelhas do Estado podem ter sido diversas no passado e como podem voltar a ser diversas no futuro se políticas públicas de restauração forem implementadas.

Todas essas características tornam a Serra do Japi uma área prioritária para estudos sobre biodiversidade de abelhas. Dessa forma, este estudo visa contribuir para atenuar a escassez de conhecimento biogeográfico e taxonômico (Hortal et al, 2015) das espécies de Meliponini na região da Serra do Japi, por meio de um levantamento sistemático dos meliponíneos realizado concomitante a uma análise ecológica quantitativa dos efeitos da antropização nos Meliponini e seus recursos florais.

Material e Métodos

Área de estudo

A Serra do Japi, situada no município de Jundiaí -SP, é composta por rochas metamórficas datadas do Proterozóico (De Almeida, 1981), com uma área de aproximadamente 354 km² (Leitão Filho & Morellato, 1997). Com altitude variando de 700 a 1300 metros, a temperatura média nas áreas mais baixas é de 19,2°C ao passo que na região mais elevada a temperatura média é mais baixa 15,7°C. No mês mais frio do ano, julho, a média de temperatura cai para 11,8°C e 15,3°C respectivamente. No mês mais quente, dezembro, essa média sobe para 18,4 e 22,2 respectivamente. A precipitação anual média é de 1.500 mm, sendo o período mais chuvoso no verão e a estiagem no inverno (Pinto, 1992).

Localizada no domínio da Mata Atlântica, a maior parte de sua cobertura vegetal é composta por florestas estacionais semidecíduas (Leitão Filho, 1992) (Figura 1). Suas florestas tem como característica uma marcante sazonalidade, com período de queda de folhas indo de abril a setembro (Morellato et al., 1989). A Serra do Japi está protegida legalmente por diferentes instrumentos legais, com diferentes extensões de atuação, criando áreas de zoneamento com diferentes permissões de uso e ocupação do solo (São Paulo, 1984; Jundiaí, 1992; Jundiaí, 2019). Três classes de uso e ocupação de solo foram identificadas, com base nas

permissões legais de uso e ocupação, e as áreas de coleta foram igualmente distribuídas entre as três classes, abrangendo diferentes estados de conservação da Serra do Japi.

Classe 1: Reserva Biológica Municipal de Jundiaí (REBIO) (Jundiaí, 1992). A área possui cobertura florestal em avançado estágio de conservação, é a região do maciço do Japi com menor interferência de atividade antrópica (Cardoso-Leite, 2005). Classe 2: Zona circundante a REBIO, delimitada pela área de proteção ambiental (APA) Jundiaí-Cabreúva (São Paulo, 1984) que limita o tipo de uso e ocupação do solo. A área é repartida entre diversas propriedades rurais, coberta por floresta estacional semidecidual e áreas de cultivo de pinus e eucalipto e mantém a conectividade do estrato arbóreo entre os fragmentos de floresta estacional. Classe 3: Caracteriza-se como um agro mosaico de fragmentos florestais, loteamentos, áreas de lavoura, galpões industriais e pastos ativos ou degradados na face Norte da Serra do Japi, situada dentro do limite periurbano da cidade de Jundiaí (Jundiaí, 2019). É a classe mais fortemente afetada pela atividade humana sendo uma área externa aos limites da REBIO (Jundiaí,1992) e do limite da (APA) Jundiaí-Cabreúva (São Paulo,1984), não há conectividade do estrato arbóreo dos remanescentes florestais com a floresta estacional semidecidual das Classes 1 e 2.

Mapa

Foi elaborado um mapa de uso e ocupação do solo da região (Figura 1), utilizando o programa QGIS Geographic Information System, Versão 3.38, o mapa contém uma grade de 500 x 500 metros. Os arquivos de camada com as delimitações da APA Jundiaí, REBIO e do limite periurbano de Jundiaí foram obtidos no banco de dados da prefeitura de Jundiaí (Geoserver, 2022).

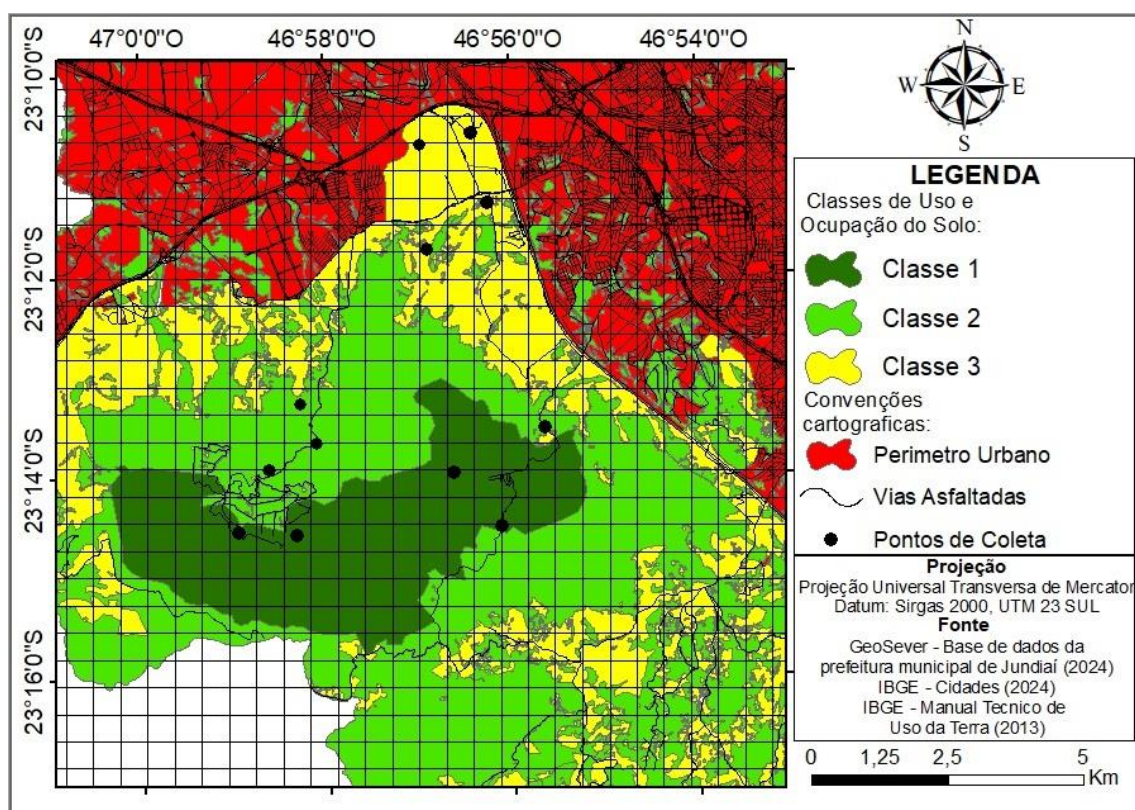


Figura 1: Mapa de uso e ocupação do solo na região da Serra do Japi-SP. Classe 1: Floresta Conservada; Classe 2: Floresta Perturbada; Classe 3: Agromosaico. Fonte: Shapefiles obtidos com a prefeitura municipal de Jundiaí, mapa elaborado por Ian Meireles da Cunha e Higor Bonzanini.

Amostragem de Meliponini

A partir do mapa de uso e ocupação de solo (Figura 1), quatro locais de coleta foram selecionadas em cada uma das três classes de uso e ocupação de solo, totalizando 12 locais de coleta (ver Capítulo 1). A seleção desses locais foi aleatória, respeitando a condição mínima de que as distâncias entre os locais de coleta fossem maiores que 1 km.

Foram realizados oito períodos de coleta ao longo de um ano, de 25/03/2025 a 18/12/2025, com intervalos de pelo menos 15 dias entre eles (Tabela 1). Os períodos de coleta foram distribuídos igualmente entre o período de maior pluviosidade, intervalo de tempo em que ocorre o maior volume acumulado de precipitação e caracterizado por chuvas frequentes e intensas (Novembro a Janeiro), o período de menor pluviosidade se caracteriza pelo menor volume acumulado de chuvas (Julho e Agosto), e os dois períodos transicionais (Setembro a Outubro, Maio a Junho). Os períodos de maior e menor pluviosidade foram obtidos de Pinto (1992), os períodos transicionais correspondem a intervalos que conectam o período de maior pluviosidade com o de menor pluviosidade extraídos de Pinto (1992). por mudanças graduais nos padrões de precipitação e temperatura.

Tabela 1: Contém os períodos em que ocorreram as coletas semanais assim como abundância de chuva desses períodos.

Semanas	Início da coleta	fim da coleta	Pluviosidade
Primeira semana	18/05/2023	25/05/2023	Período de transição
Segunda semana	10/06/2023	13/06/2023	Período de transição
Terceira semana	17/07/2023	27/07/2023	Período seco
Quarta semana	10/08/2023	17/08/2023	Período seco
Quinta semana	30/09/2023	05/10/2023	Período de transição
Sexta semana	22/10/2023	30/10/2023	Período de transição
Sétima semana	28/11/2023	04/12/2023	Período chuvoso
Oitava semana	12/12/2023	18/12/2023	Período chuvoso

Cinco métodos foram utilizados no levantamento de espécies de Meliponini nos locais selecionados. coleta ativa por transecto seguindo Sakagami et al. (1967). Para isso foram delimitados quatro corredores de transecto com 150 metros de extensão, em cada uma das três classes. Os transectos foram seguidos com o aplicativo de navegação Avenza Maps (2023). Em cada período de coleta, cada transecto foi percorrido por 20 minutos, entre o nascer do sol até as 11 horas, 20 minutos entre 11 horas até as 14 horas, e 20 minutos entre as 14 horas até o pôr do sol. Totalizando 96 horas de coleta ativa por transecto ($0,33 \text{ hora/dia} \times 3 \text{ dias} \times 8 \text{ períodos} \times 12 \text{ transectos} = 96 \text{ horas}$). Coleta passiva com Armadilha Malaise: Foram espalhadas 12 armadilhas Malaise (Townes 1972), utilizando os mesmos locais de coleta do método de coleta ativa em transecto, respeitando a distância de 1,5 km entre armadilhas, a fim de evitar que duas armadilhas capturassem meliponíneos de um mesmo ninho. As armadilhas foram deixadas em campo por sete dias em cada um dos períodos de coleta, uma solução de 300ml de álcool 70° foi colocada em cada armadilha para garantir a preservação dos espécimes capturados. Totalizando 8.064 horas de esforço amostral ($12 \text{ horas/dia} \times 7 \text{ dias} \times 8 \text{ períodos} \times 12 \text{ armadilhas} = 8.064 \text{ horas}$). Coleta ativa em flores fora do transecto: Ao longo das unidades de paisagem, diversas angiospermas com abundante oferta de recursos florais foram vistas fora dos transectos. Estes pontos de amostragem foram encontrados ao acaso, e o tempo de coleta não pode ser estabelecido previamente devido à natureza oportunística desses encontros, que ocorreram durante os deslocamentos entre locais de coleta na Serra do Japi. Junto com as abelhas foram anotados o dia da coleta e a identificação do recurso floral onde foram

encontradas. Coleta de abelhas em ninhos encontrados ao acaso: Durante o deslocamento dentro dos transectos e entre os diferentes locais de coleta, foram encontrados ao acaso ninhos de abelhas sem ferrão. Os ninhos tiveram suas entradas fotografadas, foram coletados ao menos 1 espécime por ninho para identificação e as coordenadas geográficas dos ninhos foram recordadas a partir do aplicativo Avenza Maps.

Coleta de abelhas em ninhos encontrados por moradores e meliponicultores da Serra do Japi: Através de indicações obtidas por conversas com moradores e meliponicultores da Serra do Japi, foram encontrados ninhos de Meliponini que não foram encontrados ao acaso durante as coletas nos transectos. Os ninhos tiveram suas entradas fotografadas, coletados ao menos 1 espécime por ninho para identificação e tomadas as coordenadas geográficas dos ninhos utilizando o aplicativo Avenza Maps.

Identificação do material coletado

O material coletado nas coletas realizadas na Serra do Japi foi conservado em via seca, montados/alfinetados e etiquetados (Almeida et al, 2003). Os espécimes foram identificados com base em Silveira et al. (2002), comparação com acervo digital presente no Catálogo de abelhas Moure (Camargo & Pedro, 2013), e auxílio de taxonomistas, e os nomes válidos foram revisados com base em Engel et al., (2023). O material testemunho será tombado na coleção Coleção Entomológica Prof. J.M.F. Camargo (RPSP) da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo.

Resultados

Neste levantamento sistematizado de abelhas sem ferrão da Serra do Japi, foram identificadas ao longo de um ano, 26 espécies de Meliponini (Tabela 3). As espécies mais abundantes no presente estudo foram: *Trigona braueri* Friese (128 indivíduos), *Paratrigona subnuda* Moure (85 indivíduos), *Tetragonisca angustula* Latreille (70 indivíduos), *Trigona spinipes* Fabricius (64 indivíduos), *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (57 indivíduos). Duas outras espécies de Meliponini, *Scaptotrigona depilis* e *Trigona cf crassipes* foram encontradas de maneira casual em fragmentos residuais de floresta estacional semidecidual na malha urbana da cidade de Jundiaí, totalizando 28 espécies (Tabela 3). Devido a proximidade geográfica e idêntica fitofisionomia entre as florestas da Serra e estes fragmentos, essas espécies também foram contabilizadas na lista de espécies para região da Serra do Japi. As abundâncias relativas dos métodos de captura se encontram na Tabela 3.

A fim de entender o significado no número de espécies amostradas na Serra do Japi, os resultados foram comparados com outros trabalhos encontrados na literatura de levantamento

de melissofauna, seguindo o modelo de seleção utilizado em Faria & Gonçalves (2013): (1) estudos que compreenderam pelo menos nove meses de coleta, incluindo, necessariamente, a estação quente; (2) captura ativa com uso de rede entomológica como método de amostragem; (3) presença de listas de espécies, com as respectivas abundâncias; (4) estudos realizados em áreas restritas (alguns hectares), com as coordenadas geográficas disponíveis. Um quinto critério foi adicionado à pesquisa: estudos necessariamente foram conduzidos em áreas de mata atlântica. Após a revisão com base nestes cinco critérios, foram selecionados sete levantamentos de melissofauna para comparação, dispostos na Tabela 2.

Demais levantamentos selecionados para fim de comparação têm no mínimo doze meses de duração e variam entre 124 a 400 horas de esforço amostral, com exceção de Wilms (1995) e Ramalho (1995), que embora tenham duração superior a dezoito meses, as horas de esforço amostral não puderam ser contabilizadas. A tese de Wilms (1995) não está disponível em plataformas digitais, e os dados do trabalho foram obtidos através de Imperatriz-Fonseca, 2011. A Ramalho (1995) não informa o total de horas despendidas durante os transectos. O presente trabalho teve uma duração de 10 meses de campo e um esforço amostral de 96 horas pelo método de coleta ativa e 336 horas pelo método com armadilha Malaise. Embora o método de Malaise tenha sido utilizado extensivamente, o método não contribui com nenhuma espécie diferente do método de coleta ativa em transecto para a elaboração da lista, além de capturar pouquíssimos indivíduos (tabela 3).

Tabela 2: Trabalhos de levantamento analisados de acordo com a fitofisionomia, local de coleta, número de meses de esforço amostral (EM), número de horas de esforço amostral (EH), comprimento total em quilômetros, dos transectos percorridos na área (CT) e número de espécies de meliponini encontradas (Espécies). (*)Número de espécies encontradas somente utilizando o método de coleta ativa em transecto.

Referência	Fitofisionomia	Local	EM	EH	CT	Espécies
Ramalho (1995)	Ombrófila densa	Parque Estadual da Cantareira	18	ID	6	15
Wilms (1995)	Ombrófila densa	Estação Ecológica de Boracéia, Salesópolis-SP	14	ID	ID	17
Aguilar (1998)	Ombrófila densa	Reserva Florestal de Morro Grande, SP	13	400	ID	16
Barbola (2000)	Ombrófila densa	Morretes, PR	12	240	ID	12
Maia (2008)	Ombrófila densa	Antonina, PR	12	124	1,85	13
Weiss (2008)	Ombrófila mista	Tunas do Paraná, PR	12	192	1,5	10
Krug & Alves-dos-Santos (2008)	Ombrófila mista	Porto União, SC	12	144	5,4	8
Presente estudo	Estacional Semidecidual	Jundiaí-SP	10	96	1,8	23*

Tabela 3: Abundância absoluta de indivíduos coletados por CAT: Coleta Ativa em Transecto; CAF: Coleta Ativa Fora de Transecto; CNP: Coleta Em Ninho Encontrado Pelo Pesquisador; CNM: Coleta Em Ninho Encontrado Por Morador/ Meliponicultor; CPM: Coleta Passiva Por Malaise. Números marcados com asterisco(*) representam indivíduos coletados em fragmentos próximos a Serra do Japi.

Espécie	CAT	CAF	CNP	CNM	CPM	Total de indivíduos
<i>Cephalotrigona capitata</i>	9	0	1	0	0	10
<i>Friesella schrottkyi</i>	6	4	1	9	0	20
<i>Geotrigona subterranea</i>	9	0	1	0	0	10
<i>Lestrimelitta limao</i>	0	0	2	0	0	2
<i>Leurotrigona muelleri</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Melipona bicolor</i>	22	1	1	0	0	24
<i>Melipona marginata</i>	32	7	1	0	1	41
<i>Melipona quadrifasciata</i>	40	1	3	2	8	54
<i>Nannotrigona testaceicornis</i>	9	0	1	1	0	11
<i>Paratrigona subnuda</i>	20	57	3	0	3	83
<i>Partamona helleri</i>	2	2	0	5	0	9
<i>Plebeia aff droryana</i>	12	1	0	0	0	13
<i>Plebeia aff remota</i>	0	4	8	0	0	12
<i>Plebeia droryana</i>	17	17	2	0	0	36
<i>Plebeia aff pugnax</i>	0	0	0	1	0	1
<i>Plebeia saiqui</i>	4	10	1	0	0	15
<i>Scaptotrigona polysticta</i>	1	0	4*	0	0	5
<i>Scaptotrigona bipunctata</i>	10	4	1	0	0	15
<i>Scaptotrigona tubiba</i>	2	9	1*	0	0	12
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i>	14	12	1	3	0	30
<i>Scaptotrigona depilis</i>	0	0	1*	0	0	1*
<i>Schwarziana quadripunctata</i>	11	9	2	0	0	22
<i>Tetragona clavipes</i>	31	0	4	0	0	35
<i>Tetragonisca angustula</i>	63	7	13	17	0	100
<i>Trigona braueri</i>	109	4	0	1	5	119
<i>Trigona gr. fuscipennis</i>	0	0	1*	0	0	1*
<i>Trigona spinipes</i>	57	7	0	1	0	65
<i>Trigona hyalinata</i>	29	0	0	0	1	30

Suficiência amostral

Ao analisarmos a curva de acúmulo de espécies (Figura 2) ao longo do ano, observamos que o número de espécies coletadas permaneceu estável ao longo dos últimos três períodos de coleta, sugerindo uma suficiência amostral dentro dos métodos propostos pelo trabalho.

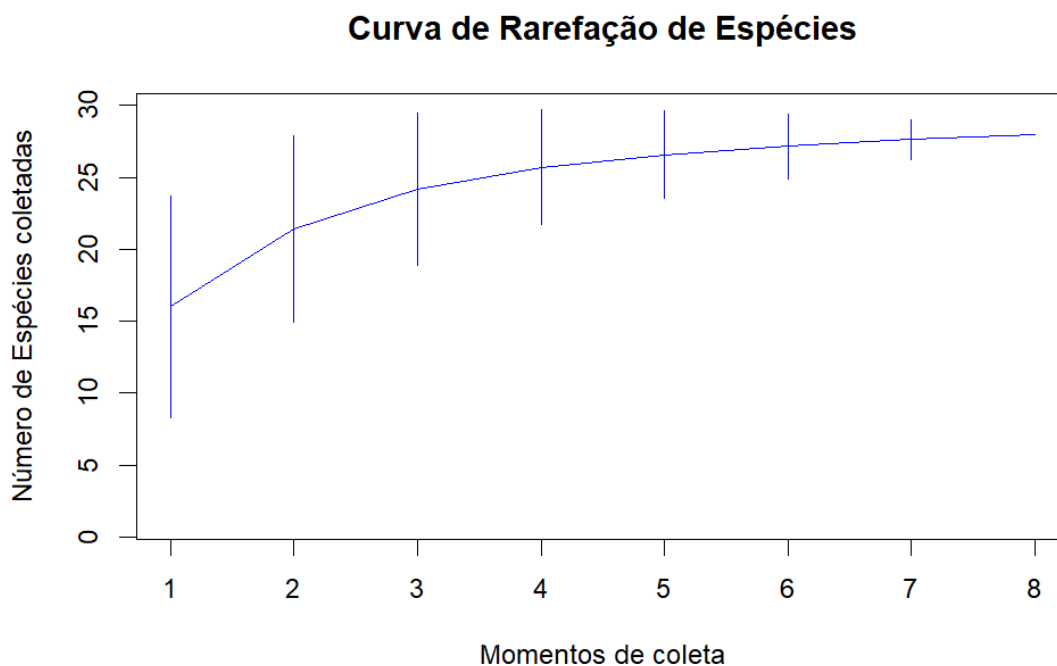


Figura 2: Curva de rarefação de espécies construída através de 8 momentos de coleta, na Serra do Japi, (Jundiaí, SP), levando em consideração todos os métodos disponíveis no trabalho.

Discussão

Comparando levantamentos

Uma gama pequena de levantamentos de melissofauna foi feita na mata atlântica de maneira sistematizada, seguindo os parâmetros de nossa revisão (Tabela 2), limitando as comparações com o presente trabalho. Diversos métodos de coleta são empregados nesta atividade, sem que haja ainda hoje um consenso sobre qual método ou qual conjunto de métodos é o mais eficiente. Essa falta de padrão dificulta a comparação entre os diferentes levantamentos sobre a diversidade das comunidades de abelhas. (Prado et al., 2017; Skvarla, 2021). Os métodos de coleta podem ser passivos, como as comumente usadas armadilhas de pano, armadilhas iscas e Malaise (Prado et al., 2017; Capítulo 1,). Como métodos ativos de coleta de abelhas em florestas tropicais, destacam-se como os mais comuns: coletas com puçás (Sweep

nets), como descrito no Capítulo 1, observações em flores e o uso de aspiradores entomológicos (Prado et al., 2017).

Considerando as listas de espécies de Meliponini de todos os levantamentos já feitos para a mata atlântica que atendem os requisitos propostos por Faria & Gonçalves (2013), listados na Tabela 2, o presente trabalho traz a maior diversidade de Meliponini já registrada para uma área de Mata Atlântica. No entanto, considerações quanto aos números de espécies deste levantamento devem ser feitas com cautela. A identificação de Meliponíneos nem sempre é uma tarefa fácil, gêneros como *Plebeia*, apresentam morfologia complexa e carecem de estudos para a melhor caracterização de suas espécies (Werneck, 2016), sendo possível uma superestimação da lista de espécies devido a variações morfológicas dos espécimes coletados.

No entanto, mesmo ao retirarmos espécimes com dúvidas na identificação (indicados na Tabela 3 pela expressão *aff*), ainda obtemos 25 espécies. Quando analisamos somente as espécies coletadas pelo método de coleta ativa em transecto, obtemos uma lista de 23 espécies (Tabela 3). Esses resultados caracterizam a Serra do Japi como a área de estudo com a maior diversidade de Meliponini da Mata Atlântica até o presente. Cabe ressaltar que a Serra do Japi também é a única área de estudo selecionada pelos critérios acima mencionados, considerada como uma fitofisionomia estacional semidecidual da mata atlântica. Esse fato ressalta a relevância do presente estudo para o entendimento da diversidade de meliponíneos ao longo das diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica.

Considerações sobre o significado das espécies coletadas

Espécies de Meliponíneos diferentes, possuem hábitos de vida distintos, manifestados na forma de uma variada gama de comportamentos, descritos em textos sobre a biologia destas espécies (Hubbell & Johnson, 1978; Roubik, 1982; Roubik, 1989; Nagamitsu & Inoue, 1997; Teixeira & Campos, 2005; Roubik, 2006; Keppner & Jarau, 2016; Lichtenberg et al., 2017), que influenciam diretamente na probabilidade do pesquisador encontrar essas abelhas em uma atividade de campo.

Espécies dos gêneros *Melipona* e *Partamona* podem ser encontradas buscando barro no chão da floresta. Indivíduos de *Trigona* podem ser vistos pilhando flores, raspando caules verdes ou visitando carcaças e fezes de animais. Abelhas do Gênero *Lestrimelitta* raramente são vistas visitando flores (Gruter, 2020). Cada gênero, cada espécie possui particularidades comportamentais associadas a sua história natural, fazendo com que o levantamento de espécies de Meliponini exija conhecimentos de história natural por parte do coletor, e o uso em conjunto de múltiplas técnicas auxiliares de coletas (Prado et al., 2017)

Principais espécies amostradas

Popularmente conhecida como “Bunda de vaca”, *Trigona braueri* foi de longe a espécie mais abundante no presente trabalho, com 128 indivíduos coletados através de todos os métodos de coleta (Tabela 3). Segundo Von Ihering (1904) *Trigona braueri* nidifica em cupinzeiros e formigueiros e em cavidades junto à base de árvores. No entanto, contrariando a evidente abundância desta espécie, somente um único ninho foi encontrado. A aparente incoerência entre o hábito generalista de nidificação, grande abundância e baixo encontro de ninhos pode indicar uma escassez de informações sobre a história natural dessa espécie, esta espécie é provavelmente muito populosa, seguindo o padrão do gênero *Trigona*, e provavelmente ocupa grandes cavidades no solo ou no sopé de grandes árvores, sendo necessário uma busca mais objetiva por grandes árvores de base oca para encontrar seus ninhos do que o caminhamento em transecto aleatório são capazes de encontrar. Mesmo ao acaso, foram encontrados ninhos de abelhas muito menos abundantes que *Trigona braueri*, e que ao menos do ponto de vista teórico, são muito mais seletivas quanto ao suporte de nidificação, como é o caso das espécies de *Melipona* (Macedo, 2020). *Paratrigona subnuda* Moure conhecida popularmente como Mirim da Terra e *Tetragonisca angustula* Latreille conhecida como Jataí, são abelhas de pequenas, comuns a diferentes ambientes inclusive urbanos (Velez-Ruiz et al, 2013; Antonini, 2013). *Paratrigona subnuda* tende a nidificar em cavidades pré-existentes no solo (Fonseca et al., 1972), e *Tetragonisca angustula* pode ocupar cavidades no solo, em árvores, rochas e até mesmo estruturas produzidas pelo homem (Siqueira et al, 2012). O hábito alimentar generalista de *Tetragonisca angustula* e *Paratrigona subnuda* (Roubik & Patiño, 2013) aliado a nidificação facilitada pela abundância de cavidades ocupáveis, pode estar associado a grande abundância apresentada por essas abelhas. *Trigona spinipes* Fabricius, é conhecida popularmente como Arapuá, e assim como *Tetragonisca angustula* e *Paratrigona subnuda* tem ampla distribuição no território nacional, e hábito e generalista (Kleinert & Giannini, 2012), *Trigona spinipes* é um meliponíneo de médio porte que não requer cavidades pré-existentes para nidificação, produzindo ninhos externos sobre suportes naturais e artificiais (Roubik, 2006). Assim como muitas abelhas do gênero *Trigona*, são consideradas extremamente generalistas e agressivas na defesa dos ninhos e de recursos florais, além de visitar recursos alimentares não florais, como carcaças e fezes de animais vertebrados (Nogueira-Neto, 1997). *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, conhecida como popularmente como Mandaçaia, ocorre com a coloração diagnóstica da subespécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*, com listras amarelas incompletas na porção dorsal do abdômen (Batalha-filho, 2009). Essa espécie nidifica em cavidades presentes em árvores de grande porte (Antonini, 2003) e possui hábito alimentar mais

seletivo comparado a outros Meliponini (Imperatriz-Fonseca, 2004). A presença abundante dessa espécie pode estar associada a estágios mais avançados de sucessão ecológica em parte das florestas da Serra do Japi.

Espécies pouco amostradas

Parte das espécies foram pouco amostradas, provavelmente por ocorrerem naturalmente em baixa densidade na paisagem, quando comparadas a espécies dominantes. No caso de *Lestrimelitta limao*, cujos ninhos dependem exclusivamente da pilhagem de outros ninhos de meliponíneos, é esperado que ocorram em densidades relativamente mais baixas do que os ninhos de outros meliponíneos, como já observado por Bego et al., (1991) e Sakagami et al., (1993).

A competição por alimento e espaços de nidificação entre os meliponíneos pode levar ao predomínio de espécies ligeiramente mais tolerantes termicamente do que as demais espécies dentro de uma área determinada (Keppner & Jarau, 2016). A capacidade de recrutamento de outras operárias, a agressividade na defesa de um determinado recurso floral, ou diferentes capacidades de esconder seus ninhos de inimigos naturais podem vir a se somar no futuro às causas da baixa ou alta densidade de espécies em uma determinada área.

Conclusões

A Serra do Japi é uma área de conservação importante para a diversidade de abelhas sem ferrão do Brasil, com 28 espécies, detendo a maior diversidade de Meliponini já registrada para a Mata Atlântica. Ainda são necessários mais trabalhos de levantamento para que se chegue a um entendimento razoável das dinâmicas de distribuição das espécies ao longo do bioma da Mata Atlântica. No entanto, este trabalho é o único levantamento de melissofauna em floresta estacional semidecidual que atende os seguintes requisitos adaptados de Faria & Gonçalves (2013): Mais de nove meses de coleta, Utilização de redes entomológicas como método de amostragem, foi realizado em uma área bem delimitada, traz as abundâncias das espécies de abelhas encontradas. A partir do resultado deste trabalho, os dados relativos aos Meliponini presentes na Serra do Japi, somados a levantamentos realizados em outras fitofisionomias, podem vir a contribuir para o entendimento biogeográfico de Meliponini nas diferentes fitofisionomias da Mata Atlântica. Algumas espécies de Meliponini podem ser consideradas raras ou ausentes por viés metodológico, embora o método de coleta também seja um filtro de espécies coletadas (Prado et al., 2017, Prendergast et al., 2020).

Portanto, não conhecemos a total extensão da diversidade de espécies de Meliponini mesmo em fragmentos de fácil acesso e entre as duas maiores metrópoles do Estado (Campinas

e São Paulo) e, por consequência, é evidente que mais estudos, especialmente levantamento de espécies são necessários para compreendermos a biodiversidade desse grupo tão relevante na polinização e na oferta de serviços ecossistêmicos.

Referências

- AGUILAR, J.B.V. 1998. A comunidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) da Reserva Florestal de Morro Grande, Cotia, São Paulo. Tese de doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALMEIDA, Lúcia Massutti de; RIBEIRO-COSTA, Cibele S.; MARINONI, Luciane. Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos. In: Manual de coleta, conservação, montagem e identificação de insetos. 2003. p. 78-78.
- ANTONINI, Yasmine et al. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. *Urban Ecosystems*, v. 16, p. 527-541, 2013.
- ANTONINI, Yasmine; MARTINS, Rogério P. The value of a tree species (*Caryocar brasiliense*) for a stingless bee *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*. *Journal of Insect Conservation*, v. 7, p. 167-174, 2003.
- AVENZA MAPS. Versão 4.1. Avenza Systems Inc., 2023. Aplicativo. Disponível em: <https://www.avenzamaps.com>. Acesso em: 12 set. 2024.
- BATALHA-FILHO, Henrique et al. Geographic distribution and spatial differentiation in the color pattern of abdominal stripes of the Neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera: Apidae). *Zoologia (Curitiba)*, v. 26, p. 213-219, 2009.
- BEGO, L. R.; ZUCCHI, R.; MATEUS, S. Notas sobre a estratégia alimentar (cleptobiose) de *lestrimelitta limao smith* (hym., Apidae, meliponinae). *Naturalia*, v. 16, p. 119-27, 1991.
- CARDINAL, Sophie; PACKER, Laurence. Phylogenetic analysis of the corbiculate Apinae based on morphology of the sting apparatus (Hymenoptera: Apidae). *Cladistics*, v. 23, n. 2, p. 99-118, 2007.
- CARDOSO-LEITE, Eliana et al. Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, SP, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 19, p. 233-243, 2005.
- DE ALMEIDA, Fernando Flávio Marques et al. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981.
- ENGEL, Michael S. et al. Stingless bee classification and biology (Hymenoptera, Apidae): a review, with an updated key to genera and subgenera. *ZooKeys*, v. 1172, p. 239, 2023.

- FARIA, Luiz Roberto Ribeiro; GONÇALVES, Rodrigo Barbosa. Abiotic correlates of bee diversity and composition along eastern Neotropics. *Apidologie*, v. 44, p. 547-562, 2013.
- GRÜTER, Christoph. Evolution and diversity of stingless bees. In: *Stingless Bees*. Cham: Springer, 2020. p. 43-86.
- HORTAL, Joaquín et al. Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, v. 46, n. 1, p. 523-549, 2015.
- HUBBELL, Stephen P.; JOHNSON, L. K. Comparative foraging behavior of six stingless bee species. *Ecology*, v. 59, p. 1123-1136, 1978.
- IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/panorama>. Acesso em: 1 ago. 2024.
- IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lúcia et al. Checklist das abelhas e plantas melitófilas no Estado de São Paulo, Brasil. *Biota neotropica*, v. 11, p. 631-655, 2011.
- IMPERATRIZ-FONSECA, Vera Lucia; CONTRERA, Felipe Andrés León; KLEINERT, Astrid Matos Peixoto. A meliponicultura e a iniciativa brasileira dos polinizadores. In: XV Congresso Brasileiro de Apicultura. Natal, RN, 2004. p. 1-7.
- Jundiaí (Município). Lei nº 3.672, de 10 de janeiro de 1991. Cria a Reserva Biológica Municipal da Serra do Japi. Decreto nº 13.196, de 30 de dezembro de 1992. Available in <<http://www.jundiai.sp.gov>> Acessado em 20 de junho de 2022.
- KEPPNER, Eva M.; JARAU, Stefan. Influence of climatic factors on the flight activity of the stingless bee *Partamona orizabaensis* and its competition behavior at food sources. *Journal of Comparative Physiology A*, v. 202, p. 691-699, 2016.
- KLEINERT, Astrid de Matos Peixoto; GIANNINI, Tereza Cristina. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. *Psyche: A Journal of Entomology*, v. 2012, n. 1, p. 291519, 2012.
- LICHTENBERG, Elinor M.; MENDENHALL, Chase D.; BROSI, Berry. Foraging traits modulate stingless bee community disassembly under forest loss. *Journal of Animal Ecology*, v. 86, n. 6, p. 1404-1416, 2017.
- MACEDO, Carlos Roberto da Costa et al. Nesting behavior of stingless bees. *Ciência Animal Brasileira*, v. 21, p. e-58736, 2020.
- MEDINA-JEREZ, William. Science education research trends in Latin America. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 16, p. 465-485, 2018.

MICHENER, Charles D. The bees of the world. JHU press, 2007.

MICHENER, Charles D.; GRIMALDI, David A. The oldest fossil bee: Apoid history, evolutionary stasis, and antiquity of social behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 85, n. 17, p. 6424-6426, 1988.

MOURE, Jesus Santiago; MELO, Gabriel AR; URBAN, Danúncia. Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007.

NAGAMITSU, Teruyoshi; INOUE, Tamiji. Aggressive foraging of social bees as a mechanism of floral resource partitioning in an Asian tropical rainforest. *Oecologia*, v. 110, p. 432-439, 1997.

NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; PAVÃO, M. Inventário Florestal do Estado de São Paulo–2020: Mapeamento da cobertura vegetal nativa. Instituto Florestal, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/home/2020/07/inventarioflorestal2020.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2024.

NOGUEIRA, David Silva. Overview of stingless bees in Brazil (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *EntomoBrasilis*, v. 16, p. e1041-e1041, 2023.

OLIVEIRA, Ubirajara et al. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. *Scientific Reports*, v. 7, n. 1, p. 9141, 2017.

OLIVEIRA, Ubirajara et al. The strong influence of collection bias on biodiversity knowledge shortfalls of Brazilian terrestrial biodiversity. *Diversity and Distributions*, v. 22, n. 12, p. 1232-1244, 2016.

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

PRADO, S. G.; NGO, H. T.; FLOREZ, J. A.; COLLAZO, J. A. Sampling bees in tropical forests and agroecosystems: a review. *Journal of Insect Conservation*, v. 21, n. 5, p. 753-770, 2017.

PRENDERGAST, Kit S. et al. The relative performance of sampling methods for native bees: an empirical test and review of the literature. *Ecosphere*, v. 11, n. 5, p. e03076, 2020.

RAMALHO, M. 1995. A diversidade de abelhas (Apoidea-Hymenoptera) em um remanescente de Floresta Atlântica, em São Paulo. Tese de Doutorado em Ciências Biológicas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

- RAMALHO, Mauro. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, p. 37-47, 2004.
- ROUBIK, David W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989.
- ROUBIK, David W. Obligate necrophagy in a social bee. *Science*, v. 217, p. 1059-1060, 1982.
- ROUBIK, David W. Stingless bee nesting biology. *Apidologie*, v. 37, n. 2, p. 124-143, 2006.
- SAKAGAMI, Shoichi F.; ROUBIK, David Ward; ZUCCHI, Ronaldo. Ethology of the robber stingless bee, *Lestrimelitta limao* (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 1993.
- SIQUEIRA, Estefane Nascimento Leoncini et al. Diversity and nesting substrates of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in a forest remnant. *Psyche: A Journal of Entomology*, v. 2012, n. 1, p. 370895, 2012.
- TEIXEIRA, Lila Vianna; CAMPOS, Fernanda de Nitto Melo. Início da atividade de vôo em abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae): influência do tamanho da abelha e da temperatura ambiente. *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 7, n. 2, 2005.
- VELEZ-RUIZ, Rita I.; GONZALEZ, Victor H.; ENGEL, Michael S. Observations on the urban ecology of the Neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). 2013.
- VON IHERING, H. As abelhas sociaes do Brasil e Suas denominações Tupis, São Paulo (Brasil), 1904
- WERNECK, Hugo de Azevedo. Sistemática molecular e evolução do clado Plebeia: análises baseadas em filogenia e datação molecular da tribo Meliponini. 2016.
- WILMS, W. The bee fauna of the Brazilian coastal rain forest and their relationships with flowering plants: a case study at Boracéia, São Paulo [Brazil]. 1995.

Considerações finais da dissertação:

Diversos estudos vêm apontando que a intensificação do uso e ocupação da terra, e as transformações na paisagem promovidas pela humanidade, vem causando o declínio populacional de abelhas e outros polinizadores ao redor do mundo (Ghazoul, 2005; LeBuhn et al., 2013; BPBES, 2019). No entanto, a modificação da paisagem pela humanidade não pode ser vista como um corpo único de atividades nocivas às comunidades de polinizadores (Kovács-Hostyánsky et al., 2017; Mcdune et al., 2020; St. Clair et al., 2020; Liang et al, 2023), e diversos efeitos da ocupação humana podem surgir a depender da forma com que se ocupa a paisagem (Forrest et al, 2015; Senepathi e tal, 2017; Liang et al, 2023).

Neste trabalho fica claro pela análise da riqueza de diversidade taxonômica que nem sempre áreas drasticamente modificadas por atividades humanas, como a Classe de Agromosaico levam a uma redução de recursos florais disponíveis assim como a diminuição da Riqueza e Diversidade taxonômica de Meliponini. No entanto, os impactos do uso e ocupação do solo foram percebidos a partir da análise da diversidade de espécies e da sua composição funcional. Modificações na paisagem levam a declínios diferenciais entre espécies de abelhas, pois não atingem igualmente todos os grupos funcionais de um mesmo ecossistema (Forrest et al, 2015; Hall et al, 2019; St. Clair et al., 2020). Essas modificações podem favorecer espécies em detrimento de outros grupos (Hall et al, 2019), selecionando espécies por preferências alimentares, tamanho dos indivíduos, tamanho da população ou características do ninho, essa seleção pode ser melhor compreendida a partir da abordagem dos traços funcionais das abelhas(De Palma et al, 2015; St. Clair et al., 2020; Borges et al, 2022) e está estreitamente relacionada às alterações na diversidade de plantas. O que geralmente se vê ao final deste processo é uma simplificação da comunidade de abelhas condicionada pela diminuição da oferta de recursos, sejam estes alimentares ou não (Wilson et al., 2020; Ferrari & Polidori, 2022). A extinção local de espécies de abelhas, fragiliza grupos funcionais, e não leva somente a perda de diversidade taxonômica, mas também pode levar a perda de relações ecológicas e dos serviços ecossistêmicos de polinização (Larsen et al., 2005; Biesmeijer et al., 2006), relacionados a estas espécies.

Embora espécies de Meliponini, compartilhem entre si muitas semelhanças morfológicas e comportamentais (Roubik, 1989), a observação dos atributos funcionais de diferentes meliponíneos revela diferentes capacidades de lidar com distúrbios. Abelhas grandes, de nicho trófico mais estreito, com ninhos menos populosos e dependentes de grandes cavidades para nidificação como o gênero *Melipona*, tendem a encontrar dificuldade de

sobreviver fora de ambientes florestais conservados (Antonini, 2013; Brown & Oliveira, 2014). Por outro lado, abelhas de hábito alimentar generalista, com ninhos populosos e menos exigentes quanto ao substrato de nidificação tendem a prosperar em áreas alteradas por atividades antrópicas (Ribeiro, 2010; Kleinert & Gianini, 2012; Hall et al., 2019). O presente trabalho demonstrou a importância da conservação de áreas naturais em estágio sucessional avançado, na medida que estas áreas podem atuar como uma reserva de serviços ecossistêmicos de polinização que podem ser perdidos diante da simplificação de sistemas florestais ou pela substituição de sistemas florestais por sistemas abertos no domínio da mata atlântica, onde os Meliponini representam o grupo mais abundante abelhas (Ramalho, 2004), exercendo um papel fundamental na reprodução de angiospermas (Roubik, 2023).

Através da aplicação de diversos métodos e coleta aliados a coleta ativa (Sakagami et al., 1967), este estudo obteve a lista mais abrangente de Meliponini já registrada para áreas da Mata Atlântica, destacando a relevância da Serra do Japi e sua flora diversa, para a conservação da biodiversidade de Meliponini. Esta pesquisa contribui para o entendimento da composição e distribuição de Meliponini em áreas de floresta estacional semidecidual e suas conexões com a flora local, nativa ou não. A riqueza encontrada em nossa pesquisa ressalta a importância de se ampliar esforços de levantamento de espécies de Meliponini para outras áreas de mata atlântica. Apesar das limitações inerentes aos métodos de coleta e às dificuldades de identificação de algumas espécies, este trabalho fornece subsídios valiosos para futuras pesquisas em biogeografia e ecologia de Meliponini. Além disso, a variação nos hábitos de nidificação e alimentação das espécies encontradas reforça a importância do uso de múltiplas estratégias de coleta e de conhecimentos aprofundados sobre a história natural das abelhas e seus recursos de alimentação e nidificação. A abundância de algumas espécies generalistas e a raridade de outras sugerem interações ecológicas complexas, influenciadas por fatores como disponibilidade de recursos, competição interespecífica e estratégias comportamentais, que ainda carecem de estudos detalhados.

Por fim, a diversidade observada neste levantamento evidencia que, mesmo em fragmentos de fácil acesso e localizados próximos a grandes centros urbanos, ainda há muito a ser explorado sobre a biodiversidade de Meliponini e suas interações com a flora e os serviços ecossistêmicos oferecidos. Para avançar no entendimento da taxonomia, biogeografia, ecologia e serviços ecossistêmicos, é essencial a realização de novos levantamentos, utilizando abordagens metodológicas abrangentes em diferentes regiões e fitofisionomias da Mata Atlântica.

Referências:

- ANTONINI, Yasmine et al. Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. *Urban Ecosystems*, v. 16, p. 527-541, 2013.
- BIESMEIJER, Jacobus C. et al. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.
- BPBES/REBIPP (2019): Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Marina Wolowski; Kayna Agostini; André Rodrigo Rech; Isabela Galarda Varassin; Márcia Maués; Leandro Freitas; Liedson Tavares Carneiro; Raquel de Oliveira Bueno; Hélder Consolaro; Luisa Carvalheiro; Antônio Mauro Saraiva; Cláudia Inês da Silva. Maíra C. G. Padgurschi (Org.). 1ª edição, São Carlos, SP: Editora Cubo. 184 páginas. <http://doi.org/10.4322/978-85-60064-83-0>
- BROWN, J. C., DE OLIVEIRA, M. L. The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. *Apidologie*, v. 45, n. 2, p. 172-188, 2014.
- DE PALMA, Adriana et al. Ecological traits affect the sensitivity of bees to land-use pressures in European agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 6, p. 1567-1577, 2015.
- FERRARI, Andrea; POLIDORI, Carlo. How city traits affect taxonomic and functional diversity of urban wild bee communities: insights from a worldwide analysis. *Apidologie*, v. 53, n. 4, p. 46, 2022.
- FORREST, Jessica RK et al. Contrasting patterns in species and functional-trait diversity of bees in an agricultural landscape. *Journal of Applied Ecology*, v. 52, n. 3, p. 706-715, 2015.
- GHAZOUL, Jaboury. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends in ecology & evolution*, v. 20, n. 7, p. 367-373, 2005.
- HALL, Mark A. et al. The response of wild bees to tree cover and rural land use is mediated by species' traits. *Biological Conservation*, v. 231, p. 1-12, 2019.
- KLEINERT, Astrid de Matos Peixoto; GIANNINI, Tereza Cristina. Generalist bee species on Brazilian bee-plant interaction networks. *Psyche: A Journal of Entomology*, v. 2012, n. 1, p. 291519, 2012.

- KOVÁCS-HOSTYÁNSZKI, Anikó et al. Ecological intensification to mitigate impacts of conventional intensive land use on pollinators and pollination. *Ecology letters*, v. 20, n. 5, p. 673-689, 2017.
- LARSEN, Trond H.; WILLIAMS, Neal M.; KREMEN, Claire. Extinction order and altered community structure rapidly disrupt ecosystem functioning. *Ecology letters*, v. 8, n. 5, p. 538-547, 2005.
- LEBUHN, G., DROEGE, S., CONNOR, E. F., GEMMILL-HERREN, B., POTTS, S. G., MINCKLEY, R. L., et al. Detecting insect pollinator declines on regional and global scales. *Conservation Biology*, v. 27, n. 1, p. 113-120, 2013.
- LIANG, Huan et al. The effects of urbanization on pollinators and pollination: A meta-analysis. *Ecology Letters*, v. 26, n. 9, p. 1629-1642, 2023
- MCCUNE, Frédéric et al. Response of wild bee communities to beekeeping, urbanization, and flower availability. *Urban Ecosystems*, v. 23, p. 39-54, 2020.
- RAMALHO, Mauro. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, v. 18, p. 37-47, 2004.
- RIBEIRO, M. de F. Abelha Irapuá (*Trigona spinipes*): comportamento polinizador e destrutivo e em plantas nativas e cultivadas. 2010.
- ROUBIK, David W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge University Press, 1989.
- ROUBIK, David W. Stingless bee (Apidae: Apinae: Meliponini) ecology. *Annual Review of Entomology*, v. 68, n. 1, p. 231-256, 2023.
- SAKAGAMI, Sh F. Ethosoziologischer. *Zeitschrift für Tierpsychologie*, v. 28, n. 4, p. 337-350, 1971.
- SENAPATHI, Deepa et al. Landscape impacts on pollinator communities in temperate systems: evidence and knowledge gaps. *Functional ecology*, v. 31, n. 1, p. 26-37, 2017.
- ST. CLAIR, Ashley L. et al. Diversified farming in a monoculture landscape: effects on honey bee health and wild bee communities. *Environmental entomology*, v. 49, n. 3, p. 753-764, 2020.
- WILSON, Rachele S. et al. Landscape simplification modifies trap-nesting bee and wasp communities in the subtropics. *Insects*, v. 11, n. 12, p. 853, 2020.

APÊNDICES:

Apêndice 1:

Família Botânica	Espécie	Origem	Classe	NV
Acanthaceae	<i>Justicia gendarussa</i> Burm.f.	Cultivada	Perturbada	19
Acanthaceae	<i>Aphelandra longiflora</i> (Lindl.) Profice	Nativa	Perturbada	14
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Nativa	Perturbada	21
Amaranthaceae	<i>Amaranthus viridis</i> .L	Naturalizada	Perturbada	0
Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> .L	Nativa	Agromosaico	0
Amaryllidaceae	<i>Crinum</i> L.	Cultivada	Perturbada	5
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Nativa	Agromosaico	12
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropapus</i> (DC.) MacLeish	Nativa	Conservada	27
Asteraceae	<i>Baccharis tarchonanthoides</i> DC.	Nativa	Conservada	11
Asteraceae	<i>Baccharis trinervis</i> .Pers	Nativa	Conservada	5
Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski (L.) Pruski	Nativa	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Elephantopus mollis</i> Kunth	Nativa	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Nativa	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Galinsoga parvilora</i> Cav.	Naturalizada	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	Nativa	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski	Nativa	Perturbada	0
Asteraceae	<i>Moquiniastrium polymorphum</i> (Less.) G. Sancho	Nativa	Agromosaico	12
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Nativa	Agromosaico	11
Asteraceae	<i>Baccharis trinervis</i> (Lam.) Pers.	Nativa	Agromosaico	2
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i> . (Hemsl.) A.Gray.	Naturalizada	Agromosaico	2
Asteraceae	<i>Clibadium.sp</i>	Nativa	Agromosaico	1
Asteraceae	<i>Bidens pillosa</i> .L	Nativa	Agromosaico	0
Asteraceae	<i>Gomphrena celosioides</i> Mart.	Nativa	Agromosaico	0
Asteraceae	<i>Parthenium hysterophorus</i> .L	Nativa	Agromosaico	0
Balsaminaceae	<i>Impatiens walleriana</i> Hook.f.	Naturalizada	Perturbada	0
Bignoniaceae	<i>Bignoniaceae. sp1</i>	Nativa	Perturbada	0
Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis-cati</i> A.H.Gentry	Nativa	Agromosaico	1
Boraginaceae	<i>Heliotropium transalpinum</i> Vell.	Nativa	Agromosaico	1
Brassicaceae	<i>Eruca vesicaria</i> (L.) Cav.	Cultivada	Agromosaico	57
Bromeliaceae	<i>Aechmea distichantha</i> Lem.	Nativa	Conservada	1
Cucurbitaceae	<i>Momordica charandia</i> L.	Naturalizada	Agromosaico	3

Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i> L.	Naturalizada	Perturbada	0
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	Nativa	Perturbada	20
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Wild. ex Klotzch	Cultivada	Perturbada	0
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	Nativa	Agromosaico	7
Fabaceae	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Nativa	Agromosaico	13
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (lam.) de wit	Naturalizada	Agromosaico	9
Fabaceae	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Nativa	Agromosaico	4
Fabaceae	<i>Arachis repens</i> Handro	Cultivada	Agromosaico	1
Geraniaceae	<i>Pelargonium hortorum</i> L.H.Bailey	Cultivada	Perturbada	1
Lamiaceae	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B.Pastore	Nativa	Conservada	0
Lamiaceae	<i>Cantinoa mutabilis</i> (Rich.) Harley & J.F.B.Pastore	Nativa	Perturbada	2
Lamiaceae	<i>Leonurus japonicus</i> Houtt.	Naturalizada	Perturbada	2
Lamiaceae	<i>Salvia rosmarinus</i> .L	Cultivada	Perturbada	2
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	Nativa	Agromosaico	6
Lamiaceae	<i>Vitex polygama</i> Cham.	Nativa	Agromosaico	1
Malvaceae	<i>Callianthe macrantha</i> (A. St.-Hil.) Donnell	Nativa	Perturbada	8
Malvaceae	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Cultivada	Agromosaico	17
Malvaceae	<i>Pseudobombax</i> .sp	Nativa	Agromosaico	7
Melastomataceae	<i>Pleroma raddianum</i> (DC.) Gardner	Nativa	Conservada	3
Melastomataceae	<i>Chaetogastra clinopodifolia</i> .DC	Nativa	Conservada	0
Melastomataceae	<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	Nativa	Conservada	0
Piperaceae	<i>Piper</i> .sp	Nativa	Perturbada	9
Piperaceae	<i>Piper cf glabratum</i> Kunth	Nativa	Perturbada	0
Piperaceae	<i>Piper amalago</i> L.	Nativa	Agromosaico	0
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	Nativa	Agromosaico	1
Rosaceae	<i>Rubus brasiliensis</i> Mart.	Nativa	Conservada	0
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	Nativa	Perturbada	12
Rosaceae	<i>Eryobrotria japonica</i> (Thumb) Lindl	Naturalizada	Perturbada	5
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i> (L.) G.Mey.	Nativa	Conservada	13
Rubiaceae	<i>Coccocypselum lanceolatum</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	Nativa	Conservada	7
Rubiaceae	<i>Palicourea hoffmannseggiana</i> (Schult.) Borhidi	Nativa	Conservada	4
Rubiaceae	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth	Nativa	Conservada	1
Rubiaceae	<i>Borreria latifolia</i> (Aubl) K. Schun.	Nativa	Agromosaico	0
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Nativa	Agromosaico	31
Sapindaceae	<i>Serjania</i> .sp	Nativa	Conservada	10

Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Nativa	Conservada	9
Solanaceae	<i>Solanum didymum</i> Dunal	Nativa	Conservada	2
Solanaceae	<i>Solanum pseudoquina</i> A.St-Hil.	Nativa	Conservada	0
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	Nativa	Perturbada	0
Solanaceae	<i>Solanum granulosoleprosum</i> Dunal LC	Nativa	Agromosaico	2
Solanaceae	<i>Cestrum axillare</i> Vell.	Nativa	Agromosaico	1
Verbenaceae	<i>Lantana trifolia</i> L,	Nativa	Perturbada	0
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i> L.	Naturalizada	Perturbada	0
Verbenaceae	<i>Glandularia tenera</i> (Spreng.) Cabrera	Nativa	Agromosaico	0
Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i> (L.) Nicolson & C.E.Jarvis	Nativa	Agromosaico	2

Apêndice 2: Resultados dos modelos generalizados mistos para cada variável resposta considerada. Df = graus de liberdade; R^2c = r2 condicional (fatores fixos + aleatórios); R^2m = r2 marginal (fatores fixos).

Variável resposta	Preditores	Chisq	Df	Pr(>Chisq)	R2c	R2m
Riqueza de abelhas	Classe	7,69	2	0,02	0,44	0,44
	Riqueza de plantas	23,24	1	0,00		
	Temperatura média	0,21	1	0,65		
	Luminosidade média	0,00	1	0,95		
	Altitude	0,46	1	0,50		
Diversidade de Shannon (H)	Classe	6,63	2	0,04	0,34	0,25
	Riqueza de plantas	16,17	1	0,00		
	Temperatura média	0,37	1	0,54		
	Luminosidade média	0,00	1	0,97		
	Altitude	0,13	1	0,72		
CWM Distância intertegular (DIT)	Classe	5,86	2	0,05	0,81	0,56
	Riqueza de plantas	2,83	1	0,09		
	Temperatura média	0,36	1	0,55		
	Luminosidade média	2,32	1	0,13		
	Altitude	1,64	1	0,20		
CWM População do Ninho	Classe	14,00	2	0,00	0,65	0,51
	Riqueza de plantas	4,41	1	0,04		
	Temperatura média	2,83	1	0,09		
	Luminosidade média	6,64	1	0,01		
	Altitude	3,55	1	0,06		

Apêndice 3: Fotos da confecção e utilização das armadilhas. A: Foram confeccionadas 10 das 12 armadilhas utilizadas no experimento; B Instalação de armadilha em área do agro mosaico; C instalação de armadilha em área de floresta conservada; D: coleta ativa em transecto em área de floresta conservada.



A



B



C



D

Apêndice 4: Fotos de abelhas encontradas na Serra do Japi. A: *Trigona barueri* (Bunda de vaca) visitando flores de *Eremanthus erythropappus* (Candeia).; *Cephalotrigona capitata* (Mombucão) visitando flores de *Eremanthus erythropappus* (Candeia); C: *Melipona quadrifasciata* (Mandaçaia) e *Melipona marginata* (Marginata) lambendo sais minerais em afloramento rochoso; D: *Melipona bicolor bicolor* (Guaraipo) visitando flores de *Eremanthus erythropappus* (Candeia).



A



B



C



D

Apêndice 5: Fotos de alguns dos ninhos encontrados na serra do Japi. A: *Melipona quadrifasciata anthidioides* (Mandaçaia); B: *Plebeia droryana* (Mirim); C: *Friesella schrottkyi* (Mirim preguiça); D: *Leurotrigona muelleri* (Lambe olhos); E: *Trigona braueri* (Bunda de vaca); F: *Geotrigona subterranea* (Guira); G: *Melipona bicolor bicolor* (Guaraipo); H: *Melipona marginata* (Manduri); I: *Trigona gr crassipes*; J: *Scaptotrigona tubiba* (Tubiba); K; *Lestrimelitta limao* (Iratim); L: *Scaptotrigona xanthotricha* (Mandaguari amarela).



A



B



C



D



E



F



G



H



I



J



K



L

