

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE E CONSERVAÇÃO  
DA NATUREZA**

**Samuel Júlio Lima dos Santos**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINA) EM ÁREAS  
URBANAS NO BRASIL E AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE  
MALATHION PARA *Partamona helleri* (FRIESE, 1900)**

Juiz de Fora

2021

**Samuel Júlio Lima dos Santos**

**DIVERSIDADE DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINA) EM ÁREAS  
URBANAS NO BRASIL E AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE  
MALATHION PARA *Partamona helleri* (FRIESE, 1900)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Prezoto

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Côrrea Barbosa

Juiz de Fora

2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lima dos Santos, Samuel Júlio.

DIVERSIDADE DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINA) EM ÁREAS URBANAS NO BRASIL E AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE MALATHION PARA *Partamona helleri* (FRIESE, 1900) / Samuel Júlio Lima dos Santos. -- 2021.

57 p. : il.

Orientador: Fábio Prezoto

Coorientador: Bruno Côrrea Barbosa

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2021.

1. Meliponina. 2. Ambiente Urbano. 3. Meta-análise. 4. Toxicidade Aguda. 5. Pesticida. I. Prezoto, Fábio, orient. II. Côrrea Barbosa, Bruno, coorient. III. Título.

**“DIVERSIDADE DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINA) EM ÁREAS URBANAS NO BRASIL  
E AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE MALATHION PARA *Partamona helleri* (FRIESE,  
1900)”**

**Samuel Júlio Lima dos Santos**

Orientador: Prof. Dr. Fábio Prezoto

Coorientador: Prof. Dr. Bruno Corrêa Barbosa

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza.

Aprovado em 17 de março de 2021.

---

Prof. Dr. Fábio Prezoto  
Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF

---

Prof. Dr. Bruno Corrêa Barbosa  
Autônomo

---

Profa. Dra. Mariana Monteiro de Castro  
UniAcademia

---

Prof. Dr. Luis Henrique Soares Alves  
Centro Universitário de Valença

*All the while, I'll await my armored fate  
with a smile  
I still wanna try, still believe in  
Good days, good days, always  
Sunny inside*

SZA

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em sua forma mais pura, por ter me dado a vida e tê-la guiado até o momento em que realizo mais um sonho. Gratidão por me deixar ser luz na vida de tantas pessoas queridas.

Agradeço ao meu avô Antônio, por ser figura fundamental durante a minha criação e ter me apresentado valores que hoje não substituo por nada. Obrigado por se importar com o que sempre sonhei na vida, ser Biólogo, e por ter me ajudado de infinitas maneiras a alcançar esse sonho. Te amo.

Agradeço aos meus pais, Júlio e Niuma, por terem criado e confiado nesse menino sonhador. Por acreditarem que eu merecia um futuro muito melhor ao que me foi imposto. Por muitas vezes, mesmo não entendendo, terem me ajudado a cumprir minhas metas e desejos de vida. Vocês são meu fundamento e inspiração.

Agradeço à minha irmã, Elyenai, por ser minha maior torcedora e companheira. Por investir em mim e demonstrar sempre que vai estar ao meu lado em todos os desafios que se levantarem.

Agradeço a todos os meus amigos. Obrigado por serem fundamentais na minha construção e desconstrução. Por me fazerem sorrir e ser feliz mesmo em meio a tantos perrengues que a vida oferta. Um agradecimento especial às minhas melhores amigas, Késia e Laura, por serem pedras na minha vida, pelas quais me seguro e busco forças quando a felicidade é abalada.

Agradeço ao meu orientador, Fábio, pela confiança e disponibilidade demonstradas desde o 1º período da graduação, e por ter me ofertado muitas oportunidades para alcançar o sonho de ser cientista.

Agradeço ao Mateus Detoni, por ter sido meu mentor e ter me introduzido no fantástico mundo dos insetos sociais. Obrigado por ainda se fazer presente e por todas as conversas valiosas para a minha formação.

Agradeço também a todo o pessoal do LABEC, Angie, Bruno, Elisa, Helba, Mariana, Raquel e Tatiane por todos os momentos e conversas.

Agradeço à coordenação, aos professores e às secretárias do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da UFJF, por todo apoio e aprendizado ao longo desses dois anos.

E, por fim, agradeço à CAPES, pelo financiamento desse projeto e realização do sonho de mais um jovem pesquisador brasileiro.

## RESUMO

Esta dissertação apresenta duas seções que visaram compreender a diversidade de abelhas sem ferrão inseridas em ambientes urbanos e um dos principais fatores pelo qual essa diversidade pode ser ameaçada na atualidade. A primeira seção teve como principal objetivo analisar detalhadamente estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em áreas urbanas do Brasil publicados nos últimos 50 anos. Para alcançar os objetivos desse trabalho, foi empregada a metodologia de PRISMA para revisões sistemáticas e estudos meta-analíticos. Como resultado, foram obtidas e analisadas as seguintes informações: i) locais onde os estudos foram realizados e publicados; ii) distribuição das publicações ao longo dos anos considerados para análise; iii) tempo de duração e métodos mais utilizados nos estudos; iv) espécies mais inventariadas e sua ecologia de nidificação; v) locais que se configuram como prioritários para a execução de pesquisas sobre o tema no Brasil. Para a segunda seção, o objetivo principal foi avaliar a toxicidade aguda de Malathion, principal pesticida utilizado para controle vetorial em centros urbanos, em uma das espécies que são comumente encontradas nesses ambientes, *Partamona helleri*. Foram realizados bioensaios de teste de contato, constituídos pelo contato de abelhas adultas com papel filtro impregnado com cinco diferentes concentrações de Malathion. As taxas de mortalidade foram registradas após decorridas 24 e 48 horas de exposição às diferentes concentrações. Dessa forma, foi possível estimar os valores de CL<sub>50</sub> de 0,0104% e 0,0054% para os dois tempos de exposição considerados, respectivamente. O rótulo do produto indica uma concentração de uso 0,15%, bastante elevada se comparada com a estimada por esse trabalho, representando assim, um grande risco para os indivíduos que são expostos. Com a execução desses dois trabalhos, foi possível conhecer mais sobre a fauna de abelhas sem ferrão encontrada em diferentes centros urbanos pelo Brasil e um dos principais riscos que são ofertados pelas dinâmicas existentes nesses ambientes para os insetos que desempenham funções ecológicas fundamentais, como a polinização.

Palavras-chave: Meliponina. Ambiente Urbano. Meta-análise. Toxicidade Aguda. Pesticida.

## ABSTRACT

This dissertation presents two sections that aimed to understand the diversity of stingless bees inserted in urban environments and one of the main factors why this diversity can be threatened today. The first section had as main objective to analyze in detail studies of diversity of stingless bees in urban areas of Brazil published in the last 50 years. To achieve the objectives of this work, the PRISMA methodology was used for systematic reviews and meta-analytical studies. As a result, the following informations were obtained and analyzed: i) places where the studies were carried out and published; ii) distribution of publications over the years considered for analysis; iii) duration and methods most used in the studies; iv) more inventoried species and their nesting ecology; v) places that are configured as priorities for the execution of future researchs on the theme in Brazil. For the second section, the main objective was to evaluate the acute toxicity of Malathion, the main pesticide used for vector control in urban centers, in one of the species that are commonly found in these environments, *Partamona helleri*. Contact test bioassays were performed, consisting in the contact of adult bees with filter paper impregnated with five different concentrations of Malathion. The mortality rates were recorded after 24 and 48 hours of exposure. Thus, it was possible to estimate the LC<sub>50</sub> values of 0.0104% and 0.0054% in the two exposure times considered, respectively. The product label indicates a 0.15% usage concentration, which is quite high compared to that estimated by this study, thus representing a great risk for individuals who are exposed. With the execution of these two studies, it was possible to learn more about the fauna of stingless bees found in different urban centers throughout Brazil and one of the main risks that are offered by the dynamics existing in these environments for insects that perform fundamental ecological services, such as pollination.

Keywords: Meliponina. Urban environments. Meta-analysis. Acute toxicity. Pesticides.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Número, por ano, de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano entre 1967 e 2019.....19
- Figura 2 – Representação geográfica do número de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano entre 1967 e 2019.....20
- Figura 3 – Curvas de Rarefação para estimadores de riqueza de espécies e Curvas de Acumulação de Espécies geradas por meio de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão no Brasil de 1967 a 2019.....28
- Figura 4 – Colônias de *P. helleri* localizadas no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).....42
- Figura 5 – Potes de plástico, com papéis filtro impregnados com as concentrações-teste e alimentador, contendo dez operárias de *P. helleri* cada em condições laboratoriais.....43
- Figura 6 – Curva de mortalidade de *P. helleri* após 24 horas de exposição às concentrações-teste de Malathion.....45
- Figura 7 – Curva de mortalidade de *P. helleri* após 24 horas de exposição às concentrações-teste de Malathion.....45

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Publicações, meio de publicação, área de estudo (estado) duração de estudo, métodos de coleta, e número de espécies registrados em estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano no Brasil entre 1967 e 2019. Métodos de Coleta: AB= Armadilhas Atrativas; AS= Busca Ativa; MO= Möericke; MT= Malaise; NS= Busca por Ninhos; TN= Ninhos-Armadilha.....16
- Tabela 2 – Espécies de abelhas sem ferrão, referências, estado de estudo, métodos de coleta, substrato de nidificação e amplitude de altura dos ninhos em estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano no Brasil entre 1967 e 2019. Métodos de Coleta: AB= Armadilhas Atrativas; AS= Busca Ativa; MO= Möericke; MT= Malaise; NS= Busca por Ninhos; TN= Ninhos-Armadilha. Substrato de Nidificação= A= Artificial; N= Natural; T = Termiteiro. Referências= ver Tabela 1.....24
- Tabela 3 – Toxicidade aguda por via de contato de Malathion (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>), com intervalos de confiança a 95% (IC 95%), estimada após 24 e 48 horas de exposição.....44
- Tabela 4 – Taxas de mortalidade média das concentrações-teste de Malathion obtidas após 24 e 48 horas de exposição.....46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>A FAUNA DE ABELHAS SEM FERRÃO EM ÁREAS URBANAS: 50 ANOS DE ESTUDOS E PRIORIDADES DE PESQUISA NO BRASIL.....</b>	<b>12</b>
1.1	RESUMO.....	12
1.2	ABSTRACT.....	12
1.3	INTRODUÇÃO.....	13
1.4	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
1.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
1.6	CONCLUSÃO.....	29
<b>2</b>	<b>AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE MALATHION (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>), POR VIA DE CONTATO, PARA <i>Partamona helleri</i> (FRIESE, 1900).....</b>	<b>30</b>
2.1	RESUMO.....	30
2.2	ABSTRACT.....	31
2.3	INTRODUÇÃO.....	31
2.4	OBJETIVO.....	34
2.5	MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.6	RESULTADOS.....	36
2.7	DISCUSSÃO.....	39
2.8	CONCLUSÃO.....	43
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>45</b>

# 1 A FAUNA DE ABELHAS SEM FERRÃO EM ÁREAS URBANAS: 50 ANOS DE ESTUDOS E PRIORIDADES DE PESQUISA NO BRASIL

## 1.1 RESUMO

As abelhas sem ferrão são fundamentais para a manutenção de áreas verdes presentes em centros urbanos, através da polinização. Contudo, o ambiente urbano oferece uma série de desafios que influenciam a riqueza e diversidade desses insetos. Nós objetivamos realizar uma análise detalhada dos estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em áreas urbanas publicados nos últimos 50 anos. Para a revisão de literatura, foram selecionadas as publicações que estavam indexadas em bases de dados conhecidas, com palavras-chave indicando o assunto, dentro do período de tempo requerido para a análise. Foram encontradas 44 publicações, a maioria publicada em revistas científicas (77,27%). Os estudos começaram a ser publicados regularmente a partir do começo da década de 2000, sendo 2003, 2005, 2010 e 2012 os anos mais produtivos. Houve concentração de publicação de estudos nos estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo. Entre os estudos foram utilizados seis diferentes métodos de coleta, sendo que, os métodos de Busca Ativa (ou Varredura) e Busca por Ninhos demonstraram ser os mais utilizados. Nós verificamos que as espécies mais encontradas em ambiente urbano, segundo as publicações, são *Trigona spinipes* e *Tetragonisca angustula*. Almejamos com as informações presentes nessa análise contribuir para o conhecimento sobre a diversidade urbana de abelhas sem ferrão, além de indicar locais prioritários para a execução de futuros estudos com o grupo no Brasil.

Palavras-chave: Meliponina, Diversidade, Meta-análise.

## 1.2 ABSTRACT

Stingless bees are essential for the maintenance of green areas present in urban centers through pollination activities. However, the urban environment offers a number of challenges that influence the richness and diversity of these insects. We aim to carry out a detailed analysis of studies on the diversity of stingless bees in

urban areas published in the last 50 years. For the literature review, they were selected as publications that were indexed in databases, with keywords indicating the subject, within the period of time required for the analysis. We found 44 publications, most of them published in scientific journals (77.27%). The studies started to be published regularly from the beginning of the 2000s, and the years 2003, 2005, 2010 and 2012 were the most productive years. There was a concentration of studies in the states of Paraná, Minas Gerais and São Paulo. Among the studies, six different collection methods were used, and the Active Search (or Sweep) and Nest Search methods proved to be the most used. We also discovered, according to the publications, that the most found species in an urban environment are *Trigona spinipes* and *Tetragonisca angustula*. We aim with the information present in this analysis to contribute to the current status of knowledge about the urban diversity of stingless bees, in addition to indicating priority places in Brazil for carrying out future studies with the group.

Keywords: Meliponina, Diversity, Meta-analysis.

### 1.3 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização provoca mudanças intensas e imprevisíveis que afetam a diversidade de abelhas em biótopos naturais, através da redução da composição florística e alteração dos locais utilizados para nidificação (Laroca et al., 1982; Zanette et al., 2005; Hernandez et al., 2009; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019). O desenvolvimento de biótopos urbanos, chamados de áreas verdes, favorece o estabelecimento de algumas espécies, ao passo que dificulta o de outras, podendo provocar sua extinção (Laroca et al., 1982; Hernandez et al., 2009; Taura et al., 2007; Maciel et al., 2018). A preocupação com essas mudanças e seus impactos sobre a fauna de abelhas nativas estimulou a execução de estudos de diversidade pelo Brasil.

Apesar da grande contribuição das expedições realizadas por naturalistas, como Cockerell (1900), Schrottky (1902), Ducke (1902, 1906, 1908, 1907, 1910), Friese (1910) no começo do século 20 para o conhecimento da melissofauna brasileira, foi somente com o estudo pioneiro realizado por Sakagami, Laroca e Moure (1967) que os trabalhos de levantamento de abelhas pelo Brasil passaram a

ter um foco biocenótico e metodologia padronizada (busca ativa ou varredura), caracterizada em capturar as abelhas enquanto visitavam as flores em busca de recursos. A partir de então, esse método foi amplamente aplicado e modificado em estudos realizados pelo país que visaram obter informações sobre a biologia e ecologia desses insetos.

A realização de estudos de inventário para a subtribo Meliponina, conforme classificação utilizada por Silveira, Melo e Almeida (2002), é fundamental, devido à sua grande importância ecológica; visto que são responsáveis pela polinização de até 90% da vegetação nativa e são altamente influenciadas por mudanças ocorridas no ambiente, sendo consideradas bons indicadores ambientais (Kerr et al., 1996; Martins et al., 2004; Mesquita et al., 2017). Portanto, as informações recolhidas nesses trabalhos contribuem para aprimorar o conhecimento existente sobre a fauna de meliponíneos brasileiros e permite o direcionamento de projetos de monitoramento, manejo e conservação das espécies.

Algumas espécies generalistas de meliponíneos estão presentes em áreas urbanas, favorecidas pelas condições criadas pelas atividades humanas, como a disponibilidade de recursos alimentares em plantas cultivadas em parques e jardins urbanos e cavidades presentes em construções, que são utilizadas para nidificação (Kerr et al., 1967; Taura & Laroca, 1991; Zanette et al., 2005; Vieira et al., 2016). A fim de contribuir com informações acerca da fauna de abelhas sem ferrão urbana, o presente estudo visou analisar detalhadamente os estudos de diversidade de meliponíneos em ambiente urbanizado realizados no Brasil nos últimos 50 anos. Além disso, realizamos uma discussão sobre avanços e prioridades de pesquisa sobre o tema no Brasil.

#### **1.4 MATERIAL E MÉTODOS**

Para este estudo foram seguidos os passos propostos pela metodologia de PRISMA para estudos sistemáticos e de meta-análise (Moher et al., 2009) adaptada por Moher et al. (2015). A abordagem metodológica incluiu o desenvolvimento de critérios de seleção, definição de estratégias de busca, avaliação da qualidade do estudo e extração de dados relevantes.

Os critérios para seleção e inclusão das publicações foram: publicações que tratam do assunto; publicações indexadas nas bases de dados Google Acadêmico,

*Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Scopus* e *Web of Science*; artigos publicados em periódicos dentro do período de tempo definido de janeiro de 1967, ano de publicação do primeiro estudo, a dezembro de 2019. As palavras-chave utilizadas para a busca nas bases de dados foram: abelhas sem ferrão, *stingless bees*, *bees*, diversidade, *diversity*, *richness*, riqueza, urbano, *urban environment*, *urban bees*. Publicações como monografias, dissertações, teses e livros foram adicionados através de referenciamento cruzado.

De cada publicação foram registradas as seguintes informações: localidade e duração dos estudos, métodos de coleta e número de espécies de abelhas sem ferrão identificadas. Dos trabalhos que utilizaram o método Busca por Ninhos foram retiradas informações acerca do número de ninhos registrados, substratos utilizados para nidificação e altura em relação ao solo. Baseado na coleta dessas informações, foram gerados: (1) um mapa de distribuição dos estudos pelo Brasil; (2) uma tabela das espécies registradas em ambiente urbano, os estados onde foram registradas, os métodos utilizados para coletá-las e informações relativas aos seus ninhos.

O índice de constância das espécies registradas nos estudos através dos métodos utilizados foi calculado pela fórmula:  $C = P \times 100/N$ , onde: P = Número de estudos em que houve registro de determinada espécie e N = Número total de estudos. Segundo Bodemheimer (1955) o resultado pode ser enquadrado nas seguintes categorias: Espécie constante: registrada em mais de 50% dos trabalhos; Espécie acessória: presente entre 25% a 50% dos trabalhos; Espécie acidental: presente em menos de 25% do total de trabalhos.

Para analisar a riqueza de espécies de abelhas sem ferrão na matriz urbana, foram confeccionadas curvas de rarefação de espécies (senso Gotelli e Colwell, 2001) com o programa EstimateS9 com 5000 aleatorizações (Colwell & Elsensohn, 2014). Os estimadores não-paramétricos Jackknife de 1ª e 2ª ordem foram utilizados para projetar a riqueza de espécies máxima que uma matriz urbana poderia alcançar. O programa gera curvas de acumulação de espécies aleatorizando a ordem das amostras; assim, cada ponto da curva corresponde à média de riqueza acumulada nas 5000 curvas e está associado a um desvio-padrão. Cada estudo foi considerado uma amostra, o que resultou em 44 amostras.

## 1.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 44 publicações, sendo um livro (2,27%), nove estudos publicados em formatos de monografias, dissertações e teses (20,45%) e 34 artigos publicados em revistas científicas (77,27%). Em relação aos artigos científicos, foram utilizadas 25 revistas para suas publicações (Tabela 1). A revista mais utilizada foi a *Acta Biológica Paranaense*, com cinco trabalhos publicados, seguida por *EntomoBrasilis*, *Biota Neotropica* e *Bioscience Journal*, com dois trabalhos publicados cada, representando assim 25% (n=11) dos artigos publicados. Dessas 25 revistas, a maioria (n=18) são periódicos nacionais, corroborando a relevância do tema no cenário nacional.

Tabela 1: Publicações, meio de publicação, área de estudo (estado) duração de estudo, métodos de coleta, e número de espécies registrados em estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano no Brasil entre 1967 e 2019. Métodos de Coleta: AB= Armadilhas Atrativas; AS= Busca Ativa; MO= Möericke; MT= Malaise; NS= Busca por Ninhos; TN= Ninhos-Armadilha. \* = gênero.

Paper	Autor/Ano	Revista	Estado	Duração (Mês)	Métodos de Coleta	Nº de Espécies
1	Sakagami et al., 1967	Journal of the Faculty of Science, Hokkaido University	PR	12	AS	3
32	Sakagami & Laroca, 1971	Kontyû	PR	26	AS	6
2	Laroca et al., 1982	Dusenja	PR	12	AS	4
3	Taura & Laroca, 1991	Acta Biológica Paranaense	PR	6	NS	5
186	Knoll et al., 1993	Livro	SP	14	AS	14
31	Bortoli & Laroca, 1997	Acta Biológica Paranaense	PR	13	AS	6
24	Carvalho & Marchini, 1999	Rev. Agricultura	SP	6	NS	10
155	Proní, 2000	Arq. Cienc. Vet. Zool. UNIPAR	PR	48	NS	19
4	Taura & Laroca, 2001	Acta Biológica Paranaense	PR	12	AS	5
10	Albuquerque et al., 2001	Acta Amazonica	MA	12	AS	8
130	Sousa et al., 2002	Bioscience Journal	MG	16	NS	4
42	Antonini & Martins, 2003	Neotropical Entomology	MG	12	AS	7
66	Toledo et al., 2003	Braz. Arch. Biol. Technol.	PR	6	AS	2
75	Locatelli de Souza, 2003	Tese	PE	27	AS	5
36	Anacleto & Marchini, 2005	Acta Sci. Biol Sci	SP	12	AS	11
88	Souza et al., 2005	Candombá	BA	3	NS	5

(Continua)

Paper	Autor/Ano	Revista	Estado	Duração (Mês)	Métodos de Coleta	Nº de Espécies
125	Viana & Kleinert, 2005	Biota Neotropica	BA	12	AS	4
168	Zanette et al., 2005	Landscape and Urban Planning	MG	4	AS	8
95	Taura et. al., 2007	Acta Biológica Paranaense	PR	12	AS	9
115	d'Avila & Marchini, 2008	Ciência Florestal	SP	12	AS	2
180	Alvarenga, 2008	Dissertação	SP	-	NS, TN	3
97	Santiago et. al., 2009	Biota Neotropica	GO	4	AS	21
169	Mateus et al., 2009	Mensagem Doce	MT	12	NS	20
11	Gruchowski-W et al., 2010	Biodiversidade Pampeana	PR	12	AB, MT	3
71	Cure-Hakim & Laroca, 2010	Acta Biológica Paranaense	PR	13	AS	1
128	Steiner et al., 2010	Oecologia Australis	SC	102	AS	11
153	Pioker-Hara, 2011	Tese	SP	29	NS	6
56	Antunes et al., 2012	Magistra	SP	26	AS	7
146	Antonini et al., 2012	Urban Ecosystems	MG	33	AS	23
177	Santos, 2012	Dissertação	SP	12	AS	7
138	Martins et al., 2013	Zoologia (Curitiba)	PR	12	AS	3
187	Aidair et al., 2013	Bioscience Journal	MG	7	NS	7
57	Werneck & Faria-Mucci, 2014	EntomoBrasilis	MG	14	NS	9
150	Sousa, 2014	Dissertação	SP	27	NS	5
34	Pereira, 2015	Rev. Gestão Tecnologia e Ciência	MG	9	AB	2
162	Vieira, 2015	Dissertação	MG	3	NS	9
98	Sorreque, 2016	Monografia	PR	5	AS	6
142	Vieira et al., 2016	Sociobiology	MG	2	NS	7
101	Possamai, 2017	Acta Biológica Catarinense	SC	28	AS	5
148	Mesquita et al., 2017	Agroecossistemas	PA	11	NS	6
35	Somavilla et al., 2018	EntomoBrasilis	RS	48	AS	12
77	Sobreiro, 2018	Tese	PR	12	AS	6
116	Silva, 2019	Monografia	PR	4	MO	2
154	Dantas e Silva et al., 2019	Magistra	BA	12	AS, NS, TN	5*

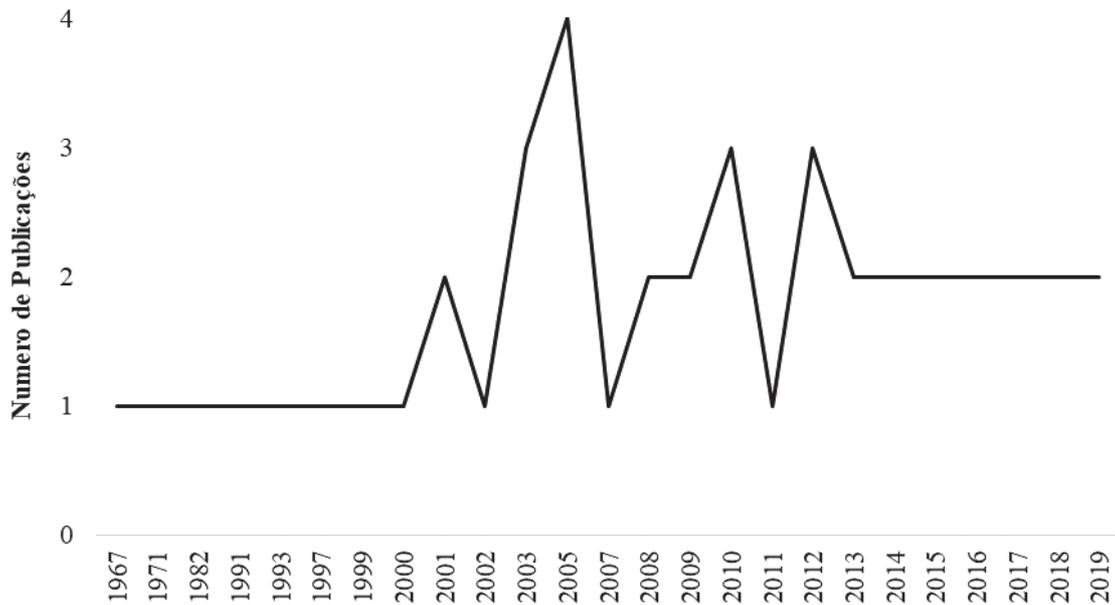
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A primeira publicação envolvendo a presença de abelhas sem ferrão em ambiente urbano data de 1967 (Sakagami et al., 1967). O Prof. Shôichi F. Sakagami natural de Chiba, Japão (1927-1996), Professor Emérito da Universidade de

Hokkaido, tornou-se um entusiasta no estudo das abelhas indígenas do Brasil, atuando como Professor Visitante na Universidade Estadual Paulista (UNESP) em Rio Claro, SP (1961-63) e na Universidade de São Paulo em Ribeirão Preto, SP (1971-72) (Chino & Toda, 1997). Sua estadia no Brasil foi muito produtiva, originando diversas publicações, além de estimular a nucleação de vários grupos de pesquisa com abelhas indígenas no Brasil e, sem dúvida, lançando um olhar pioneiro para a presença desses insetos em ambiente urbano. Sua contribuição para a ciência brasileira foi reconhecida em 1976, quando foi nomeado membro da Academia Brasileira de Ciências.

De 1971 a 1993, mais quatro estudos foram publicados pontualmente. A partir de 1997, as publicações começaram a ser mais frequentes, quase que anualmente, sendo 2003, 2005, 2010 e 2012 os anos mais produtivos. Na última década (2010-2019), 21 estudos foram realizados, representando 47,72% do total de estudos realizados no Brasil (Figura 1). Segundo o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), o número de grupos de pesquisa no Brasil vem crescendo constantemente desde o ano 2000, devido à expansão dos programas de pós-graduação no início do século, o que significa que há um número maior de pesquisadores executando estudos dentro do tema, o que provavelmente explica a maior produtividade durante os anos indicados.

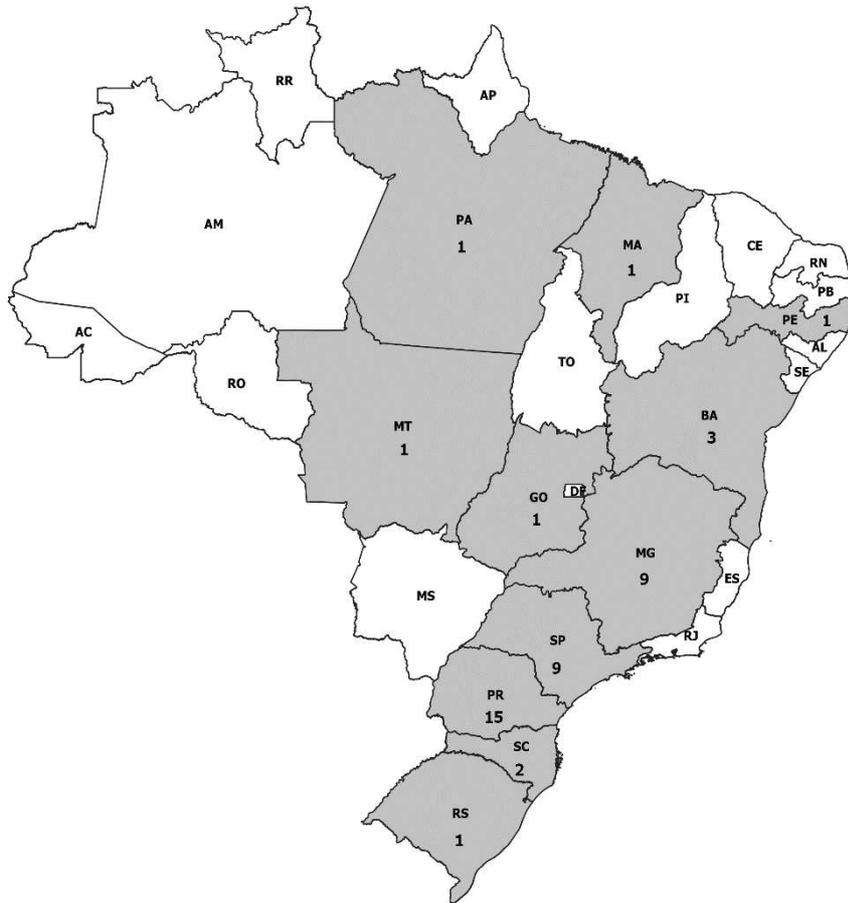
Figura 1 - Número, por ano, de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano entre 1967 e 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A distribuição dos estudos realizados no Brasil se concentrou nos estados do Paraná ( $n=15$ ; 34,09%), Minas Gerais ( $n=9$ ; 20,45%) e São Paulo ( $n=9$ ; 20,45%), respectivamente, que juntos representam os locais onde foram realizados mais da metade de todos os estudos. Para o estado da Bahia, foram encontradas três publicações (6,81%), seguida pelo estado de Santa Catarina, com duas publicações (4,54%). Os estados de Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Pernambuco, Rio Grande do Sul apresentaram apenas uma publicação cada, enquanto dezesseis estados ainda não possuem estudos de inventário de abelhas sem ferrão em ambiente urbano (Figura 2). A concentração dos trabalhos entre os estados do Paraná, Minas Gerais e São Paulo pode ser explicada por ser a região que abriga as escolas mais tradicionais e a maioria dos grupos de pesquisas sobre abelhas do Brasil, estabelecidos em universidades e institutos de pesquisas, dentre os quais devem ser destacados a Universidade Federal do Paraná, a Universidade de São Paulo e a Universidade Federal de Minas Gerais, que estão inseridas em grandes centros urbanos e, juntas, abrigam coleções de abelhas com relevância científica internacional.

Figura 2 - Representação geográfica do número de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano entre 1967 e 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Entretanto, apesar de localizados geograficamente próximos dos estados onde se há maior produção sobre a diversidade urbana de meliponíneos, os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, surpreendentemente, não apresentaram estudos executados em seus territórios, visto que estão inseridos dentro de um dos biomas mais ameaçados e fragmentados do Brasil, a Floresta Atlântica. A baixa representatividade desses estados é evidenciada em estudos de diversidade realizados com outros grupos de insetos sociais, como as vespas (Barbosa et al., 2016) e formigas (Castro et al., 2015), salientando a necessidade de execução de futuros estudos a fim de se investigar precisamente as comunidades de Hymenoptera inseridas em diferentes tipos de ambientes nessas localidades e como o processo de urbanização pode afetá-las. A ausência de trabalhos envolvendo a diversidade de meliponíneos em áreas urbanas na maioria dos estados das regiões Norte e Nordeste provavelmente se deve a priorização na realização de pesquisas

em áreas naturais, visto a existência e interesse científico da Amazônia e Caatinga. Contudo, o conhecimento sobre a fauna de meliponíneos presente em áreas urbanas próximas ou inseridas nesses biomas pode revelar novas informações e dinâmicas, relativas às respostas das comunidades de abelhas sem ferrão nessas regiões frente às alterações promovidas pelo processo de urbanização, que potencialmente podem diferir do que é encontrado nos estudos executados com as espécies de abelhas presentes em centros urbanos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, por exemplo.

Quanto a duração da realização dos estudos, podemos observar que a maioria dos estudos foram realizados em períodos inferiores a 12 meses (n=28) (Tabela 1), provavelmente por se tratarem de pesquisas incluídas em projetos de iniciação científica ou mestrado, cujo tempo de execução é limitado. Durações superiores a 12 meses foram encontradas em 15 trabalhos (de 13 a 102 meses). Apenas um trabalho não especifica o tempo de estudo empregado. Portanto, fica claro que não há padronização no tempo de duração dos estudos, o que seria importante para ajudar a fazer comparações mais precisas e detalhadas entre as publicações.

Das 44 publicações encontradas, apenas 16 focaram exclusivamente em inventariar a fauna de abelhas sem ferrão em suas respectivas áreas de estudo, enquanto os demais incluíram outros grupos de abelhas e vespas. No que diz respeito à amostragem, foram registrados seis métodos utilizados para coletar abelhas sem ferrão em ambiente urbano, sendo eles: Armadilhas Atrativas (*Attractive Baits*; n=2), Busca Ativa (*Active Search*; n=27), Malaise (*Malaise Trap*; n=1), Möericke (n=1), Busca por Ninhos (*Nest Search*; n=15) e Ninhos-Armadilha (*Trap Nests*; n=2). A maioria dos estudos (n=39; 88,63%) utilizou apenas um método de coleta, sendo “Busca Ativa” o mais utilizado, empregado em 56,81% (n=25) dos estudos, seguido do método “Busca por Ninhos”, presente em 25,5% (n=13) dos trabalhos analisados. Entretanto, o ideal seria que estudos futuros conciliassem e sistematizassem vários métodos a fim de obter melhor eficiência na amostragem, registrando assim, maior número de espécies de Meliponina em determinada área (Oliveira et al., 1995; Pinheiro-Machado & Silveira, 2006; Almeida et al., 2019), assim como já foi registrado um acréscimo de espécies, devido ao consórcio de métodos, para outros Hymenoptera, como as vespas sociais (Barbosa et al., 2016). Contudo, vale destacar que a elaboração e utilização de métodos devem ser baseadas na

biologia e ecologia dos animais estudados a fim de evitar um esforço ineficaz durante a realização do estudo.

Vale destacar também a importância do método “Busca por Ninhos”, que consiste na inspeção de áreas em busca de colônias de meliponíneos, pois através de sua execução é possível adquirir informações importantes sobre a ecologia de nidificação do grupo em ambiente urbano. Assim, os estudos nos forneceram informações sobre o substrato utilizado para nidificação, sobre a altura da entrada do ninho em relação ao solo e acerca da posição da entrada, em relação aos pontos cardeais, das colônias amostradas (Tabela 2). Foi possível identificar três tipos de substratos utilizados pelas espécies entre os estudos, sendo eles: Natural (Árvores e Solo), Artificial (Construções Humanas) e Termiteiro. Acerca da altura onde os ninhos estavam localizados, foram registrados desde ninhos subterrâneos, alguns localizados a poucos centímetros acima do solo e até ninhos localizados em copas de árvores (Tabela 2).

A respeito da utilização de índices ecológicos entre os estudos, verificamos que Bortoli e Laroca (1997) foi o primeiro estudo a utilizar tais índices, no caso o índice de Sorensen, para verificar a similaridade entre a melissofauna de áreas urbanas com sua área de estudo em Guarapuava dentro do estado do Paraná. Ao todo, 26 (59,09%) estudos utilizaram ao menos um índice ecológico em suas análises, sendo o índice de Shannon ( $H'$ ) o mais utilizado entre os estudos ( $n=19$ ).

Foram registradas 60 espécies, pertencentes a 21 gêneros, dentro os quais foram mais representativos os gêneros *Trigona* (onze espécies), *Melipona* (sete espécies) e *Plebeia* (sete espécies). A constância calculada mostrou que das 60 espécies registradas entre as publicações, 53 (88,33%) são consideradas acidentais, cinco foram consideradas acessórias (8,33%) e apenas duas (3,33%) foram consideradas constantes sendo elas *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), presentes em 88,64% e 79,55% dos trabalhos, respectivamente. A constância de *T. spinipes* e *T. angustula* entre os estudos provavelmente significa que elas são as espécies de Meliponina mais generalistas (Silveira & Campos, 1995; Souza et al., 2005; Araújo et al., 2006; Antonini et al., 2012; Antunes et al., 2012; Somavilla et al., 2018) e amplamente distribuídas pelo território brasileiro (Moure et al., 2007), seja devido à sua ecologia de nidificação e dispersão, comportamentos de forrageio e defesa ou relação com a exploração humana de seus recursos. Através da utilização de chaves taxonômicas,

comparação com exemplares presentes em coleções científicas ou envio de espécimes a especialistas em taxonomia de abelhas, todos os trabalhos identificaram a maioria das espécies de abelhas sem ferrão coletadas, com exceção de apenas um estudo.

Em relação a distribuição das espécies registradas por estado, verificamos que seis (10,16%) espécies estavam distribuídas em mais de cinco estados amostrados, sendo elas: *T. spinipes* (n=10), *T. angustula* (n=9), *Plebeia droryana* (Friese, 1900) (n=6), *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804) (n=6), *Scaptotrigona bipunctata* (Lepeletier, 1836) (n=5), *Scaptotrigona postica* (Latreille, 1807) (n=5) e *Schwarziana quadripunctata* (Lepeletier, 1836) (n=5). Contudo, 28 (46,6%) espécies foram registradas pontualmente em um único estado. Apesar disso, o estado com o maior número de espécies registradas é São Paulo (n=24), enquanto que Pernambuco (n=4) foi o estado com o menor número de espécies registradas, isso porque apenas um único estudo foi realizado no estado. Sabe-se que a riqueza de espécies de Apidae tende a aumentar em direção a Linha do Equador (Roubik, 1989) portanto acredita-se que os estados das regiões Norte e Nordeste do Brasil também apresentem um número significativo de espécies em ambiente urbano, contudo o número reduzido de estudos nesses locais dificulta a compreensão de quantas e quais espécies estão estabelecidas nesse tipo de ambiente. Tendo como exemplo o estado do Amazonas que, apesar de abrigar a maior diversidade de abelhas sem ferrão já inventariada no Brasil (Oliveira et al., 1995; Oliveira et al., 2013), não foi representado nessa análise devido à ausência de estudos em centros urbanos.

Tabela 2: Espécies de abelhas sem ferrão, referências, estado de estudo, métodos de coleta, substrato de nidificação e amplitude de altura dos ninhos em estudos de diversidade de abelhas sem ferrão em ambiente urbano no Brasil entre 1967 e 2019. Métodos de Coleta: AB= Armadilhas Atrativas; AS= Busca Ativa; MO= Möericke; MT= Malaise; NS= Busca por Ninhos; TN= Ninhos-Armadilha. Substrato de Nidificação= A= Artificial; N= Natural; T = Termiteiro. Referências= ver Tabela 1.

Espécie	Referências	Estado de Estudo	Métodos de Coleta	Substrato de Nidificação	Amplitude Altura (m) de Ninhos	Constância
<i>Celetrigona longicornis</i> (Friese, 1903)	169	MT	NS	A, N	-	2.27
<i>Cephalotrigona capitata</i> (Smith, 1854)	36, 146	MG, SP	AS	-	-	4.55
<i>Friesella schrottkyi</i> (Friese, 1900)	24, 57, 162, 168, 186	MG, SP	AS, NS	A, N	0,45-1,28	11.36
<i>Frieseomelitta doederleini</i> (Friese, 1900)	125	BA	AS	-	-	2.27
<i>Frieseomelitta languida</i> Moure, 1990	125	BA	AS	-	-	2.27
<i>Frieseomelitta silvestrii</i> (Friese, 1902)	97, 146, 169	GO, MG, MT	AS, NS	A, N	-	6.82
<i>Frieseomelitta varia</i> (Lepeletier, 1836)	97, 169	GO, MT	AS, NS	A, N	-	4.55
<i>Geotrigona mombuca</i> (Smith, 1863)	98, 146	MG, PR	AS	-	-	4.55
<i>Geotrigona subterranea</i> (Friese, 1901)	42, 146, 168	MG	AS	-	-	6.82
<i>Lestrimelitta limao</i> (Smith, 1863)	3, 4, 169	MT, PR	NS	N	-	6.82
<i>Leurotrigona muelleri</i> (Friese, 1900)	36, 95, 153, 177	PR, SP	AS, NS	N	0,75-1,80	9.09
<i>Melipona bicolor</i> Lepeletier, 1836	57, 146	MG	AS, NS	N	-	4.55
<i>Melipona fasciculata</i> Smith, 1854	10	MA	AS	-	-	2.27
<i>Melipona interrupta</i> Latreille, 1811	148	PA	NS	N	0,95-6	2.27
<i>Melipona marginata</i> Lepeletier, 1836	35, 128, 186	RS, SC, SP	AS	-	-	6.82
<i>Melipona quadrifasciata</i> Lepeletier, 1836	31, 32, 36, 42, 128, 138, 142, 146, 153, 162, 186	PR, MG, SC, SP	AS, NS	N	1,67-3	25.00
<i>Melipona scutellaris</i> Latreille, 1811	75	PE	AS	-	-	2.27
<i>Melipona seminigra</i> Friese, 1903	148	PA	NS	N	2,33	2.27

(Continua)

Espécie	Referências	Estado de Estudo	Métodos de Coleta	Substrato de Nidificação	Amplitude de Altura (m) de Ninhos	Constância
<i>Mourella caerulea</i> (Friese, 1900)	35	RS	AS	-	-	2.27
<i>Nannotrigona testaceicornis</i> (Lepeletier, 1836)	24, 36, 42, 56, 88, 95, 98, 130, 142, 146, 155, 162, 168, 186, 187	BA, MG, PR, SP	AS, NS	A, N	0,37-2,96	34.09
<i>Oxytrigona tataira</i> (Smith, 1863)	11, 88, 169	BA, PR, MT	AB, MT, NS	N	0,30-5	6.82
<i>Paratrigona lineata</i> (Lepeletier, 1836)	36, 42, 97, 146, 168, 177	GO, MG, SP	AS	-	-	13.64
<i>Paratrigona subnuda</i> Moure, 1947	146, 150, 186	MG, SP	AS, NS	N	-	6.82
<i>Partamona ailyae</i> Camargo, 1980	169	MT	NS	T	-	2.27
<i>Partamona criptica</i> Pedro & Camargo, 2003	128	SC	AS	-	-	2.27
<i>Partamona cupira</i> (Smith, 1863)	186	SP	AS	-	-	2.27
<i>Partamona helleri</i> (Friese, 1900)	24, 42, 101, 128, 142, 146, 162, 168	MG, SC, SP	AS, NS	A, N	1,10-6,44	18.18
<i>Partamona vicina</i> Camargo, 1980	169	MT	NS	T	-	2.27
<i>Plebeia droryana</i> (Friese, 1900)	24, 35, 36, 56, 77, 88, 95, 128, 146, 153, 155, 168, 177, 186, 187	BA, MG, PR, RS, SC, SP	AS, NS	A, N	0,50-3,80	34.09
<i>Plebeia emerina</i> (Friese, 1900)	2, 3, 4, 31, 32, 35, 71, 101, 128, 186	PR, RS, SC, SP	AS, NS	A, N	0,31-3,83	22.73
<i>Plebeia minima</i> (Gribodo, 1893)	75	PE	AS	-	-	2.27
<i>Plebeia nigriceps</i> (Friese, 1901)	35	RS	AS	-	-	2.27
<i>Plebeia remota</i> (Holmberg, 1903)	35, 98, 128, 186	RS, SC	AS	-	-	9.09
<i>Plebeia saiqui</i> (Friese, 1900)	186	SP	AS	-	-	2.27
<i>Plebeia wittmanni</i> Moure & Camargo, 1989	35	RS	AS	-	-	2.27
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	2, 3, 4, 31, 32, 35, 95, 98, 128, 150, 155, 162	MG, PR, RS, SC, SP	AS, NS	N	0,38-1,50	27.27
<i>Scaptotrigona depilis</i> (Moure, 1942)	56, 97, 187	GO, MG, SP	AS, NS	N	1,16-2,44	6.82

(Continua)

Espécie	Referências	Estado de Estudo	Métodos de Coleta	Substrato de Nidificação	Amplitude de Altura (m) de Ninhos	Constância
<i>Scaptotrigona polysticta</i> Moure, 1950	24	SP	NS	-	1,65-1,75	2.27
<i>Scaptotrigona postica</i> (Latreille, 1807)	97, 146, 155, 169, 186	GO, MG, MT, PR, SP	AS, NS	N	-	11.36
<i>Scaptotrigona xanthotricha</i> Moure, 1950	162	MG	NS	N	0.58-3,32	2.27
<i>Scaura latitarsis</i> (Friese, 1900)	97, 180	GO, SP	AS, NS	T	-	4.55
<i>Scaura longula</i> (Lepeletier, 1836)	97, 169	GO, MT	AS, NS	N	-	4.55
<i>Schwarziana quadripunctata</i> (Lepeletier, 1836)	11, 32, 35, 36, 77, 128, 162, 186	MG, PR, RS, SC, SP	AS, MT, NS	N	1,75	18.18
<i>Tetragona clavipes</i> (Fabricius, 1804)	56, 57, 77, 95, 97, 142, 146, 148, 155, 162, 169, 187	GO, MG, MT, PA, PR, SP	AS, NS	N	0,57-6,00	27.27
<i>Tetragona dorsalis</i> (Smith, 1854)	10	MA	AS	-	-	2.27
<i>Tetragona quadrangula</i> (Lepeletier, 1836)	57	MG	NS	N	-	2.27
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	2, 3, 4, 24, 31, 34, 35, 36, 42, 56, 57, 66, 75, 77, 88, 95, 97, 98, 101, 128, 130, 138, 142, 146, 150, 153, 154, 155, 162, 168, 169, 177, 180, 186, 187	BA, GO, MG, MT, PE, PR, RS, SC, SP	AB, AS, NS, TN	A, N, T	0,09-7	79.55
<i>Tetragonisca fiebrigi</i> (Schwarz, 1938)	116	PR	MO	-	-	2.27
<i>Trigona branneri</i> Cockerell, 1912	95	PR	AS	-	-	2.27
<i>Trigona braueri</i> Friese, 1900	101, 150	SC, SP	AS, NS	N	-	4.55
<i>Trigona chanchamayoensis</i> Schwarz, 1948	97	GO	AS	-	-	2.27
<i>Trigona fulviventris</i> Guérin, 1844	10, 97, 146	GO, MA, MG	AS	-	-	6.82
<i>Trigona fuscipennis</i> Friese, 1900	10, 95, 97, 169	GO, MA, MT, PR	AS, NS	N	-	9.09
<i>Trigona guianae</i> Cockerell, 1910	148	PA	NS	N	-	2.27

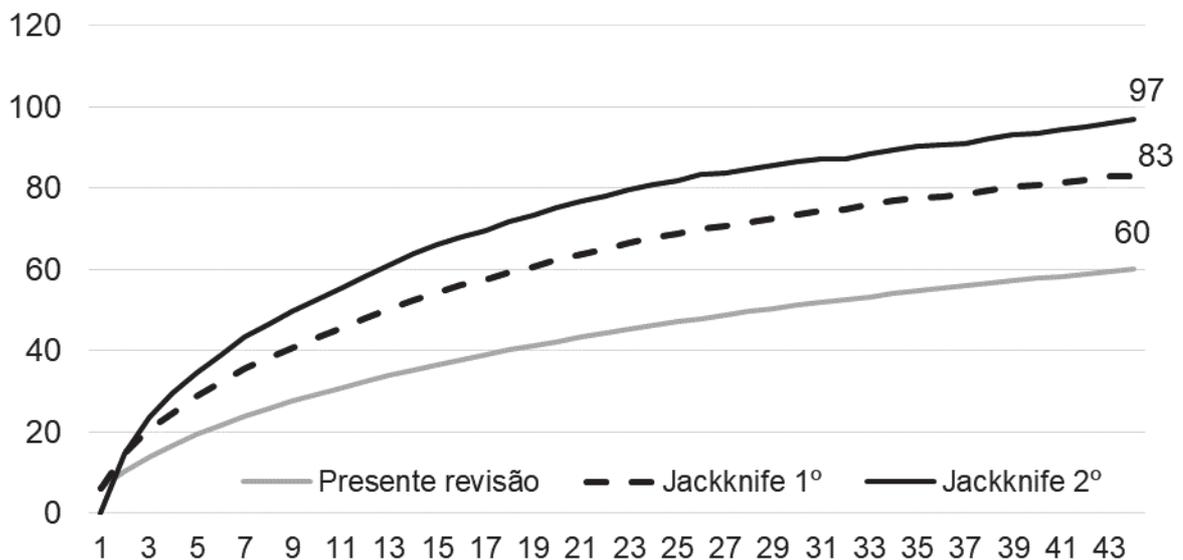
(Continua)

<b>Espécie</b>	<b>Referências</b>	<b>Estado de Estudo</b>	<b>Métodos de Coleta</b>	<b>Substrato de Nidificação</b>	<b>Amplitude Altura (m) de Ninhos</b>	<b>Constância</b>
<i>Trigona hyalinata</i> (Lepelletier, 1836)	24, 36, 56, 57, 97, 146 153, 177, 180, 187	GO, MG, SP	AS, NS	A, N	4,50-7,00	22.73
<i>Trigona pallens</i> (Fabricius, 1798)	10, 148, 169	MA, MT, PA	AS, NS	A, N, T	0,20- 1,02	6.82
<i>Trigona recursa</i> Smith, 1863	97, 169	GO, MT	AS, NS	N, T	-	4.55
<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1793)	1, 2, 3, 4, 10, 11, 24, 31, 32, 34, 35, 36, 42, 56, 57, 66, 75, 77, 88, 95, 97, 98, 101, 115, 116, 125, 128, 130, 138, 142, 146, 150, 153, 155, 168, 169, 177, 186, 187	BA, GO, MA, MG, MT, PE, PR, RS, SC, SP	AB, AS, MT, MO, NS	N	0,75-18,00	88.64
<i>Trigona truculenta</i> Almeida, 1984	97	GO	AS	-	-	2.27
<i>Trigonisca nataliae</i> (Moure, 1950)	97, 169	GO, MT	AS	-	-	4.55

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Baseado na curva de acumulação, foram registradas 83 espécies para Jackknife 1° e 97 espécies para Jackknife 2° (Figura 3), entretanto, os estudos foram capazes de registrar somente 72% e 62% das espécies estimadas para matrizes urbanas do Brasil. Esse resultado provavelmente se deve ao fato de que a maioria dos estudos foram concentrados em poucos pontos das regiões Sul e Sudeste do Brasil, como já comentado anteriormente, o que subestima a contribuição de algumas microrregiões, outras regiões e estados. Como é o caso do estado de Minas Gerais que, apesar de ter uma boa representação de estudos, estes estão em maioria localizados em municípios dentro do domínio Floresta Atlântica, afetando assim a representatividade da diversidade de espécies de outros domínios dentro do estado, como Caatinga (Alvarenga, 2014) e Cerrado (Carvalho & Bego, 1996; Azevedo, 2002; Siqueira et al., 2012).

Figura 3 - Curvas de Rarefação para estimadores de riqueza de espécies e Curvas de Acumulação de Espécies geradas por meio de estudos de diversidade de abelhas sem ferrão no Brasil de 1967 a 2019.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Reconhecido o papel ecológico de Meliponina e a adaptação de algumas espécies ao ambiente urbano, nós podemos dizer que ainda são muito poucos os estudos visando estudar a presença e ecologia do grupo em ambientes urbanos. A maioria dos estudos existentes são limitados a exploração de recursos pelas abelhas

e seus hábitos de nidificação, conforme demonstrado por nossa análise. Segundo Hernandez, Frankie e Thorp (2009), seria interessante que futuros estudos abordassem análises de dinâmica da comunidade de abelhas urbanas para determinar relações causais entre a significância ecológica das características dos habitats urbanos e sua utilização pelas abelhas. Vale novamente salientar a importância da execução desses estudos para obter informações necessárias para a conservação e manejo das espécies de abelhas sem ferrão em um ambiente tão desafiador quanto o urbano.

## **1.6 CONCLUSÃO**

Nosso estudo buscou contribuir com o entendimento sobre a fauna urbana de Meliponina, obtendo as seguintes informações relativas aos estudos realizados dentro dessa temática no Brasil: (i) Locais onde os estudos foram realizados e publicados; (ii) A distribuição das publicações ao longo dos anos considerados para análise; (iii) O tempo de duração médio dos estudos; (iv) Os métodos mais utilizados para a amostragem das espécies; (v) As espécies de Meliponina inventariadas entre os estudos e informações acerca de sua ecologia de nidificação; (vi) Locais prioritários para a execução de futuras pesquisas sobre o tema em território brasileiro.

## 2 AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA DE MALATHION (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>), POR VIA DE CONTATO, PARA *Partamona helleri* (FRIESE, 1900)

### 2.1 RESUMO

Nas últimas décadas, vários casos de desaparecimento das populações de abelhas têm sido registrados em escala global. Dentre os fatores implicados nesse fenômeno, a utilização em larga escala de pesticidas se configura como um dos mais preocupantes. Além de serem prioritariamente utilizados em ambientes agrícolas, os pesticidas também podem ser empregados em centros urbanos em programas de controle de pragas. Como é o caso do Malathion, utilizado principalmente para controle populacional de *Aedes aegypti*. Alguns pesquisadores e criadores de abelhas verificaram que a utilização desse pesticida se configura como uma grande ameaça às populações de abelhas sem ferrão localizadas em ambientes urbanizados. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade aguda por via de contato, através da estimação das CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, de Malathion na espécie de abelha sem ferrão *Partamona helleri*. Os indivíduos foram coletados em duas colônias selvagens localizadas no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. Os bioensaios consistiram na alocação de dez abelhas adultas em potes de plástico forrados com papel filtro impregnado com 1ml das concentrações-teste (0,04%, 0,02%, 0,01%, 0,0050% e 0,0025%) de Malathion. Ao todo, foram realizadas 10 réplicas para cada tratamento. As taxas de mortalidade foram registradas após decorridas 24 e 48 horas de exposição. Como resultado, verificamos que o Malathion apresenta atividade tóxica para *P. helleri*, com valores de CL<sub>50</sub> estimados de 0,0104% e 0,0054%, para 24 e 48 horas de exposição, respectivamente. Essas concentrações estão bem abaixo da concentração de 0,15% indicada no rótulo do produto para uso em atividades de controle vetorial. Por apresentar atividade neurotóxica, além da mortalidade, o Malathion tem potencial para provocar efeitos subletais graves nos indivíduos expostos. Através da realização desse estudo, buscamos contribuir com informações sobre um dos principais fatores que contribuem para a redução das populações de abelhas levando-se em consideração os ambientes urbanizados.

Palavras-chave: Abelhas, Meliponina, Organofosforado, Pesticidas.

## 2.2 ABSTRACT

In the last decades, several cases of disappearance of bees populations have been registered on a global scale. Among the factors involved in this phenomenon, the large-scale use of pesticides is one of the most worrying. In addition to being primarily used in agricultural environments, pesticides can also be used in urban areas as part of the activities of the pest control programs. That is the case of Malathion, mainly used for population control of *Aedes aegypti* mosquitoes. Some researchers and beekeepers have found that the use of this pesticide can be a threat to populations of stingless bees located in urban areas. Therefore, the aim of this work was to evaluate acute toxicity, by contact tests, through the estimation of Malathion's LC<sub>50</sub> and LC<sub>90</sub>, in the stingless bee species *Partamona helleri*. The individuals were collected from two wild colonies located on the campus of the Universidade Federal de Juiz de Fora. The bioassays consisted of the allocation of ten adult bees in plastic pots lined with filter paper impregnated with 1ml of the test concentrations (0.04%, 0.02%, 0.01%, 0.0050% and 0.0025%) obtained from Malathion. 10 replicates were performed for each treatment. Mortality rates were recorded after 24 and 48 hours of exposure. As a result, we found that Malathion showed toxic activity for *P. helleri*, with estimated LC<sub>50</sub> values 0.0104% and 0.0054%, for 24 and 48 hours of exposure, respectively. These concentrations are well below the 0.15% concentration indicated on the product label for use in vector control activities. As it presents neurotoxic activity, in addition to mortality, Malathion also has the potential to cause severe sublethal effects in exposed individuals. Through this study, we seek to contribute with information about one of the main factors that cause the reduction of bees populations in urban environments.

Palavras-chave: Bees, Meliponina, Organophosphorus, Pesticides.

## 2.3 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, pesquisadores e apicultores registraram vários casos de desaparecimento das populações de abelhas em escala mundial (Haubruge et al., 2006; vanEngelsdorp et al., 2007; vanEngelsdorp & Meixner, 2010; CAPA, 2013,

2017; Stankus, 2014). Esse fenômeno preocupante, caracterizado como *Colony Collapse Disorder* (CCD), direcionou a realização de estudos que objetivaram investigar os fatores que influenciavam a redução das populações desses insetos (Oldroyd, 2007; Stankus, 2008; vanEngelsdorp et al., 2009). Dentre os fatores registrados – além da fragmentação de hábitat, mudanças climáticas e inimigos naturais -, a utilização em larga escala de pesticidas se configura como um dos mais impactantes, visto que as primeiras observações de perda de colônias decorrente da exposição por pesticidas datam da década de 1940, onde foram perdidas cerca de seis milhões de colônias nos Estados Unidos da América após a introdução do organoclorado DDT, com um aumento expressivo na atualidade (Ellis et al., 2010; Sánchez-Bayo & Wyckhuys, 2019).

Uma das formas mais difundidas e utilizada por vários países do mundo de se avaliar o risco de pesticidas sobre populações de abelhas é a realização de bioensaios padronizados de toxicidade, que consiste na exposição – oral, contato direto, contato com superfície e por fumigação - de indivíduos a diferentes concentrações de determinada substância a fim de mensurar seus efeitos sobre a sobrevivência, desenvolvimento e comportamento dos organismos expostos (OECD, 1998a; OECD, 1998b; USEPA, 2014; EFSA, 2014; APVMA 2015; Cham et al., 2017). A grande maioria desses estudos são realizados utilizando a espécie *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 como modelo - devido à sua importância ecológica, distribuição geográfica, biologia bem conhecida e facilidade de manipulação -, contudo, ainda há incerteza sobre a extensão e aplicação dos resultados obtidos com *A. mellifera* para os demais grupos de abelhas (Arena & Sgolastra, 2014; Barbosa et al., 2015; Cham et al., 2018).

Dentre os grupos de abelhas, os meliponíneos (Apidae: Meliponina) se destacam por serem polinizadores-chave de um grande número de plantas em ecossistemas tropicais e subtropicais, inclusive de cultivos com alto valor agrícola (Heard, 1999; Imperatriz-Fonseca et al., 2006; Slaa et al., 2006). No Brasil, as também conhecidas como abelhas sem ferrão são responsáveis pela polinização de 40% a 90% da vegetação nativa dependendo do bioma em que estão distribuídas (Kerr et al., 1996). Além disso, em território brasileiro se encontra a maior diversidade de Meliponina do mundo, com cerca de 300 espécies descritas, sendo que muitas dessas espécies estão inseridas em centros urbanos, favorecidas pela oferta de recursos alimentares em plantas cultivadas em parques e jardins urbanos e

pelas cavidades presentes em construções humanas, que são utilizadas para sua nidificação (Taura & Laroca, 2001; Antonini & Martins, 2003; Zanette et al., 2005; Pedro, 2014; Antonini et al., 2013; Vieira et al., 2016). Estima-se que algumas dessas espécies sejam mais vulneráveis que *A. mellifera* frente a exposição a pesticidas (Slaa et al. 2006).

O Brasil, desde 2008, se configura como o país que mais consome pesticidas do mundo e, apesar da maioria desses insumos serem utilizados em ambientes agrícolas, alguns são destinados ao controle de endemias e pragas urbanas (Carneiro et al., 2015). Dentre esses últimos, o Malathion, pesticida não seletivo da classe dos organofosforados, popularmente conhecido como fumacê, é o principal utilizado pelas secretarias de saúde brasileiras para o controle de populações de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762), o principal mosquito transmissor de dengue, febre amarela, zika e chikungunya em centros urbanos (WHO, 2003; Braga & Valle, 2007; Patterson et al., 2016; BRASIL, 2019). A recorrente utilização deste insumo também tem provocado a redução de populações de abelhas sem ferrões, devido a não seletividade de organismos-alvo (Nogueira-Neto, 1997; Kerr et al., 2001). Portanto, avaliar o risco desse pesticida para o grupo torna-se fundamental para conservação e manejo das espécies encontradas em centros urbanos, visto que desempenham importante papel na manutenção de jardins e áreas verdes desses locais através da polinização (Kerr et al., 1996).

Alguns estudos acerca da toxicidade de Malathion já foram realizados em algumas dessas espécies – *Plebleia emerina* (Friese, 1900), *Scaptotrigona tubiba* (Smith, 1863), *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793), *Scaptotrigona tubiba* (Smith, 1863) e *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz, 1938) -, contudo ainda são necessárias avaliações nas demais espécies que podem apresentar níveis distintos de susceptibilidade frente a ação do pesticida em ambientes onde ocorre sua aplicação (Macieira & Hebling-Beraldo, 1989; Moraes et al., 2000; Padilha et al., 2019). Uma dessas espécies, *Partamona helleri* (Friese, 1900), conhecida popularmente como abelha boca-de-sapo, nidifica preferencialmente em construções humanas quando encontradas em centros urbanos e possui facilidade de manipulação laboratorial, servindo assim, como um excelente modelo para estudos de avaliação de risco dos efeitos provocados pelo Malathion em abelhas urbanas (Carvalho & Marchini, 1999; Antonini et al., 2013; Vieira et al., 2016; Araujo et al., 2019; Botina et al., 2019; Botina et al., 2020).

## 2.4 OBJETIVO

A fim de investigar os impactos provocados pelo controle químico, com Malathion, de *Ae. aegypti* em centros urbanos sobre organismos não-alvo de significativa importância ecológica, como as abelhas, o principal objetivo desse trabalho foi avaliar a toxicidade aguda (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) de Malathion, por via de contato, na espécie de abelha sem ferrão *P. helleri*.

## 2.5 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora (21°45'44,29"S; 43°20'36,25"O; 699m elev), área que apresenta abundância da espécie escolhida como modelo nesse estudo. Os bioensaios foram realizados nas dependências do Laboratório Avançado de Zoologia (LAZ) da UFJF.

Os indivíduos adultos de *P. helleri* utilizados nos bioensaios foram coletados de duas colônias selvagens localizadas no *campus* da UFJF (Figura 4). A coleta consistiu no posicionamento de rede entomológica na abertura de acesso de cada colônia, sendo capturadas as abelhas que saíam para realizar a atividade de forrageio. As coletas foram realizadas durante a estação chuvosa, entre os meses de Setembro de 2019 e Janeiro de 2020, período em que as colônias encontram-se mais abundantes. Ao todo, foram coletadas 300 abelhas adultas de cada colônia, totalizando 600 indivíduos utilizados.

Figura 4 - Colônias de *P. helleri* localizadas no campus da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Para avaliar a toxicidade aguda (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) de Malathion em *P. helleri*, por via de contato, os bioensaios foram baseados nos protocolos internacionais de testes de produtos químicos em abelhas (Felton *et al.*, 1986; EPPO, 1992; OECD, 1998b). Para a execução desse estudo foi escolhido o teste de contato de filme seco, que consiste no contato das abelhas com papel filtro impregnado com 1ml das soluções teste.

A formulação comercial Malathion 500 CE (500g/L) foi diluída em água destilada a fim de se obter as concentrações decrescentes de seu ingrediente ativo “0,04% (0,4 g/L)”, “0,02% (0,2 g/L)”, “0,01% (0,1 g/L)”, “0,0050% (0,050 g/L)”, “0,0025% (0,025 g/L). Essa formulação foi adquirida mediante parceria estabelecida com o Departamento de Vigilância Epidemiológica e Ambiental da Prefeitura Municipal de Juiz de Fora, visto que é a mesma empregada pelas secretarias de saúde do Brasil para controle de populações de *Ae. aegypti* (Lima *et al.*, 2003; Valle *et al.*, 2015; BRASIL, 2019). Os valores das soluções teste se basearam nas informações contidas no rótulo do produto e no estudo executado por Moraes *et al.* (2000) para a avaliação da toxicidade aguda de pesticidas em *Scaptotrigona tubiba* (Smith, 1863).

Para a execução dos bioensaios, dez abelhas adultas foram condicionadas em potes de plástico (7cm de altura e 3,3cm de diâmetro) forrados com papel filtro (3,2cm de diâmetro) impregnado com 1ml das concentrações teste (Figura 5). Foi alocado um alimentador de plástico, contendo xarope de água e mel a 50%, em cada um dos potes. Foram feitas cinco réplicas para cada tratamento por colônia

amostrada, totalizando dez réplicas. O grupo controle consistiu na aplicação de 1ml do solvente utilizado nas diluições, água destilada. Após a impregnação das soluções e alocação das abelhas, os potes foram condicionados em estufa incubadora tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) por 48 horas, sob temperatura média de  $25\pm 7^\circ$  C, umidade relativa média de 75% e 12 horas de fotoperíodo. O registro das taxas de mortalidade foi realizado após decorridas 24 e 48 horas, respectivamente. As abelhas sobreviventes foram libertadas em locais distantes de sua colônia a fim de se evitar eventuais contaminações.

Figura 5 - Potes de plástico, com papéis filtro impregnados com as concentrações-teste e alimentador, contendo dez operárias de *P. helleri* cada em condições laboratoriais.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os dados de mortalidade foram corrigidos através da aplicação da fórmula de Abbott (Abbott, 1925), garantindo a eficácia dos tratamentos. O cálculo das  $CL_{50}$  e  $CL_{90}$  de Malathion foi realizado através do *software* R Version 3.6.0. (R CORE TEAM, 2020) utilizando um modelo de regressão não linear. Os dados foram testados quanto a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e, em seguida, submetidos a análise de variância (ANOVA). Os testes não-paramétricos de Kruskal-Wallis e de Nemenye foram aplicados quando os dados não demonstraram normalidade. Os resultados foram considerados significativos quando  $p$  value  $< 0,05$ .

## 2.6 RESULTADOS

O Malathion apresentou atividade tóxica aguda para indivíduos de *P. helleri*, com CL<sub>50</sub> estimada de 0,0104%, que equivale a 0,104 g/L, após decorridas 24 horas de experimentação. Após contabilizadas 48 horas de exposição, a CL<sub>50</sub> estimada foi de 0,0054%, equivalente a 0,054 g/L (Tabela 3).

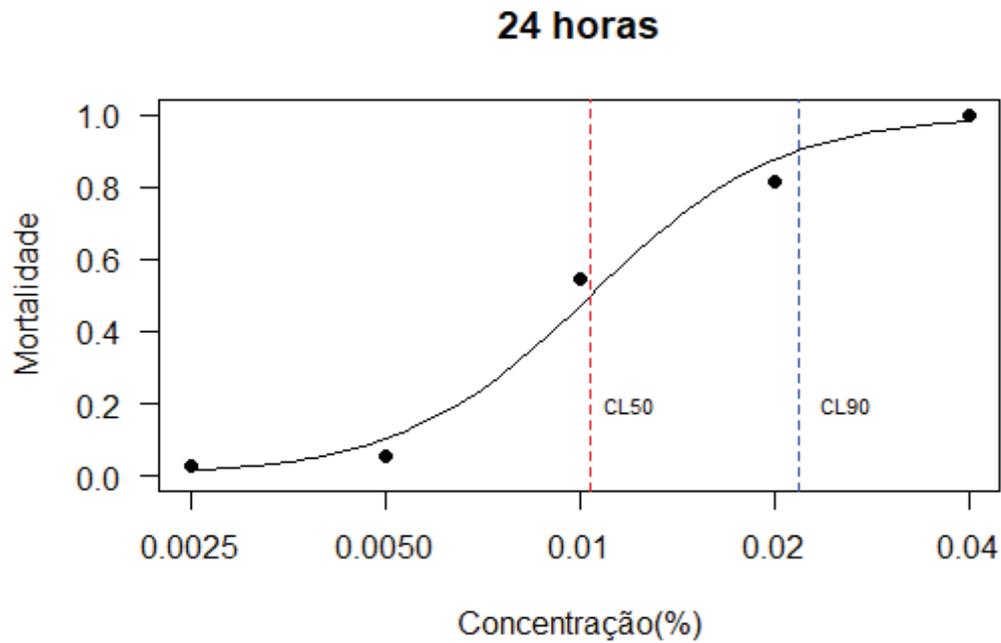
Tabela 3 - Toxicidade aguda por via de contato de Malathion (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>), com intervalos de confiança a 95% (IC 95%), estimada após 24 e 48 horas de exposição.

Tempo de Exposição	CL <sub>50</sub> (%)	CL <sub>50</sub> (IC 95 %)	CL <sub>90</sub> (%)	CL <sub>90</sub> (IC 95 %)	p value
24 horas	0,0104	0,0100 - 0,0107	0,0218	0,0207 - 0,0228	<0,05
48 horas	0,0054	0,0053 - 0,0056	0,0108	0,0103 - 0,0113	<0,05

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

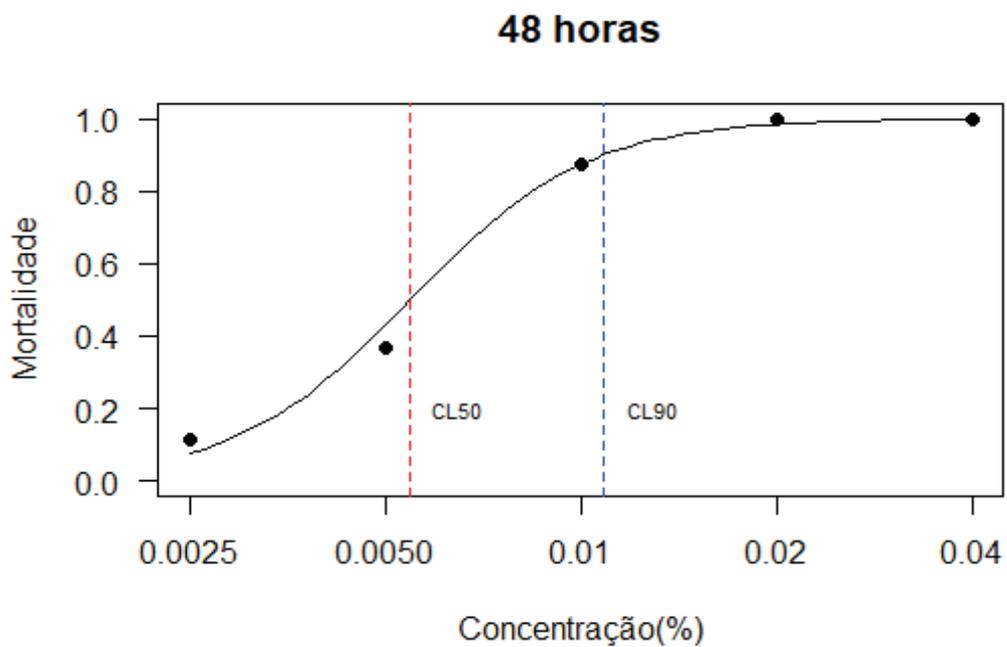
Nas primeiras 24 horas de exposição, as abelhas apresentaram 100% de mortalidade apenas na concentração de 0,04%, a maior entre os tratamentos (Tabela 4 e Figura 6). Enquanto que, após decorridas 48 horas, foi registrada taxa de 100% de mortalidade de *P. helleri* também na concentração de 0,02%, a segunda maior concentração utilizada (Tabela 4 e Figura 7).

Figura 6 - Curva de mortalidade de *P. helleri* após 24 horas de exposição às concentrações-teste de Malathion.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Figura 7 - Curva de mortalidade de *P. helleri* após 48 horas de exposição às concentrações-teste de Malathion.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

As taxas de mortalidade no tempo de exposição de 24 horas se mostraram significativas em relação ao grupo controle a partir da concentração de 0,02%. Enquanto que no tempo de exposição de 48 horas as taxas de mortalidade passaram a ser significativas em relação ao controle a partir da concentração de 0,01% (Tabela 4).

Tabela 4 - Taxas de mortalidade média das concentrações-teste de Malathion obtidas após 24 e 48 horas de exposição.

24 horas		48 horas	
Concentração (%)	Taxa de Mortalidade Média (%)	Concentração (%)	Taxa de Mortalidade Média (%)
0	0 <sup>a</sup>	0	0 <sup>a</sup>
0,0025	2,65 <sup>a</sup>	0,0025	11,54 <sup>a</sup>
0,0050	5,5 <sup>a</sup>	0,0050	37,00 <sup>a,b</sup>
0,01	54,08 <sup>a,b</sup>	0,01	87,62 <sup>b,c</sup>
0,02	81,63 <sup>b</sup>	0,02	100 <sup>c</sup>
0,04	100 <sup>b</sup>	0,04	100 <sup>c</sup>

Valores médios de mesma letra não diferiram significativamente pelo teste não-paramétrico de Nemenye ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

## 2.7 DISCUSSÃO

Através dos valores de CL<sub>50</sub> estimados por meio de teste de contato em nosso estudo, é possível considerar o Malathion como um agente tóxico para as abelhas que entrem em contato com superfícies contaminadas com o produto durante a atividade de forrageio (Tabela 3). Essa toxicidade é corroborada pelos estudos de Moraes et al. (2000) e Jabi e Awang Damit (2019), que estimaram valores de CL<sub>50</sub> de 0,015 ppm e 0,225 ml para *S. tubiba* e *Heterotrigona itama* (Cockerell, 1918), respectivamente. Nos estudos citados, o Malathion foi considerado mais tóxico para as abelhas que pesticidas como Cypermethrin, Deltamethrin e Triclorfom.

Em relação ao tempo de exposição, foi possível verificar que o Malathion apresentou maior toxicidade para *P. helleri* após decorridas 48 horas de exposição, com CL<sub>50</sub> estimada de 0,0054%, se comparado com a toxicidade avaliada no

período de 24 horas de exposição (Tabela 3 e Figuras 6 e 7). Sendo assim, é possível inferir que a toxicidade do pesticida aumenta de acordo com o tempo em que os indivíduos são expostos. Portanto, é de fundamental importância que futuros estudos com o Malathion empreguem tempos de exposições maiores que os tradicionais, 24 e 48 horas, a fim de melhorar a acurácia dos resultados obtidos. Além disso, é necessário avaliar o tempo em que o pesticida pode ficar disponível em variados meios pelos quais as abelhas potencialmente possam ser contaminadas, como superfícies de folhas, corpos d'água, flores e construções, permitindo assim, uma prospecção detalhada dos mecanismos envolvidos na toxicidade promovida pelo Malathion nas espécies de abelhas urbanas.

Por intermédio do trabalho realizado por Anderson e Atkins (1968), é possível classificar os níveis de toxicidade de pesticidas para abelhas - tendo-se *A. mellifera* como modelo -, em que, são considerados altamente tóxicos os pesticidas que apresentarem uma DL<sub>50</sub>, estimada por testes de aplicação tópica, entre 0,001 e 1,99 mg/abelha. Macieira e Hebling Beraldo (1989) e Moraes et al. (2000) verificaram a alta toxicidade de Malathion, utilizando essa classificação, para *T. spinipes* e *S. tubiba*, com os valores de DL<sub>50</sub> estimados de 0,2649 mg/abelha e 0,04 mg/abelha, respectivamente. Os dados de susceptibilidade de organismos expostos a pesticidas podem variar de acordo com os métodos empregados em estudo e, por isso, não se pode inferir a toxicidade obtida por uma técnica com base em outra (Moraes et al., 2000; Paramasivan & Selvi, 2017). Portanto, pela ausência de classificação com valores estimados de CL<sub>50</sub> para abelhas, não foi possível determinar o nível de toxicidade do Malathion para as abelhas com base na metodologia utilizada nesse estudo. O ideal seria que esses valores fossem compilados a fim de propiciar parâmetros pelos quais futuros estudos toxicológicos possam ser guiados e comparados.

Nesse estudo, as concentrações que levaram à 100% de mortalidade de *P. helleri* nos tempos de exposição de 24 e 48 horas foram 0,04% e 0,02%, respectivamente (Tabela 4 e Figuras 6 e 7). O rótulo da formulação Malathion 500 CE indica uma concentração de 0,15% de Malathion para a preparação das caldas que são utilizadas para controle de *Ae. aegypti*. Essa concentração é bastante elevada quando comparada com as utilizadas nos bioensaios e que levaram a 100% de mortalidade dos indivíduos de *P. helleri*, demonstrando assim, que o atual mecanismo de aplicação de Malathion apresenta um alto potencial tóxico e se

configura como um grande risco para as colônias de abelhas sem ferrão em centros urbanos onde é aplicado. O ideal seria que as autoridades sanitárias promovessem estudos com o objetivo de avaliar novas concentrações do pesticida que pudessem controlar as populações do organismo alvo ao passo de não afetar drasticamente as populações de abelhas urbanas. Além disso, seria ideal conciliar os horários de aplicação do pesticida em residências com o término das atividades de forrageio das espécies de abelhas, reduzindo assim, os riscos de uma possível contaminação.

A ausência de diferenças significativas entre as elevadas médias de mortalidade observadas em relação ao grupo controle no tratamento “0,01%” quando considerado o tempo de exposição de 24 horas, e no tratamento “0,005%”, no tempo de exposição de 48 horas, provavelmente se deve ao fato de que foram utilizadas duas colônias selvagens de *P. helleri* para os bioensaios, provocando variabilidade dos dados de mortalidade registrados (Tabela 4). As colônias selvagens enfrentam diferentes níveis de exposição a diferentes pesticidas, de acordo com o ambiente em que estão inseridas, e portanto, podem desenvolver graus variados de resistência e susceptibilidade a esses insumos.

Padilha et al. (2019) buscando verificar o impacto provocado por iscas tóxicas utilizadas para controlar *Anastrepha fraterculus*, (Diptera: Tephritidae), principal praga de plantações de maçã, nas espécies de abelhas sem ferrão *P. emerina* e *T. fiebrigi*, verificaram que o Malathion também apresenta elevada atividade tóxica para as abelhas sem ferrão por meio de exposição oral. Em nosso estudo, durante a execução dos testes de exposição por contato, foi observado que as operárias de *P. helleri* exibiram o comportamento de macerar (mandibular, roer) os papéis filtro impregnados com as soluções-teste que forravam os potes de plástico onde foram inseridas. Esse comportamento pode ter influenciado a susceptibilidade das abelhas frente ao Malathion, visto que além do contato da superfície corporal, provavelmente houve ingestão do pesticida.

Além de Malathion, outros pesticidas podem ser utilizados para o controle químico de mosquitos vetores em centros urbanos, como o Fenitrothion, Temephos Pirimiphos-methyl, pertencentes à classe dos organofosforados, assim como Deltamethrin, Lambda-cyhalothrin e Permethrin, pertencentes à classe dos piretróides (WHO, 2003; Braga & Valle, 2007). O uso constante desses insumos tem levado as populações de *Ae. aegypti*, principal organismo alvo das estratégias de controle, a desenvolverem variados e preocupantes níveis de resistência a todas as

classes de pesticidas atualmente utilizadas (Macoris et al., 2003; Macoris et al., 2007; Valle et al. 2019; Leandro et al., 2020). Dessa forma, a efetividade dessa metodologia de controle é questionada, visto que organismos não alvo, como as abelhas sem ferrão – que desempenham funções ecológicas fundamentais em áreas urbanas -, podem estar sendo mais afetados que os organismos para os quais o controle químico é destinado.

Por se tratar de um pesticida pertencente à classe dos organofosforados, o Malathion atua no sistema nervoso de organismos expostos, inibindo a enzima Acetilcolinesterase (AChE), impedindo assim a interrupção do impulso nervoso, levando ao processo de paralisia e conseqüentemente a morte dos indivíduos (Pope, 1999; Braga & Valle, 2007; Pundir & Malik, 2019). Sendo assim, além da mortalidade, o pesticida apresenta potencial para provocar efeitos subletais sobre o comportamento e longevidade das espécies de abelhas sem ferrão expostas. Segundo Atkins e Kellum (1986), o Malathion provocou defeitos morfogênicos – pequeno tamanho do corpo, malformação ou diminuição do tamanho das asas, deformação das pernas e das asas – em indivíduos adultos de *A. mellifera* expostos em fase de larva. Portanto, estudos que caracterizam esses efeitos sobre Meliponina são de fundamental importância para a compreensão do impacto que o controle químico vetorial causa sobre esses insetos.

Apenas recentemente, Viana-Silva et al. (2017) buscaram elaborar uma matriz de espécies que serviriam como organismos modelo para avaliar o risco de exposição de pesticidas para abelhas brasileiras, reconhecendo a limitação dos resultados de estudos obtidos com *A. mellifera* para os demais grupos de abelhas. Dentre os meliponíneos, as espécies selecionadas, levando-se em consideração inúmeros fatores, foram *T. spinipes*, *T. angustula*, *Nannotrigona testaceicornis* (Lepeletier, 1836), *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 e *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836. No entanto, através da realização do presente estudo, reconhecemos o potencial de *P. helleri* para ser empregada como organismo modelo em futuras análises de toxicidade de pesticidas em ambiente urbano, visto a facilidade de localização de ninhos em ambientes antropizados, o número elevado de indivíduos em suas colônias, distribuição geográfica relativamente ampla pelo território brasileiro e tamanho que facilita sua manipulação em laboratório, (Carvalho & Marchini, 1999; Camargo & Pedro, 2003; Moure et al., 2007; Antonini et al., 2013; Vieira et al., 2016; Araujo et al., 2019; Botina et al., 2019).

Através da inclusão de espécies de Meliponina em bioensaios requeridos nos processos de registro de pesticidas no Brasil, ao invés da constante utilização de *A. mellifera*, será possível garantir a proteção da maior diversidade de abelhas sem ferrão do mundo e dos demais grupos que dependem de seus serviços ecológicos, como os humanos (Decourtye et al., 2013; Arena & Sgolastra, 2014; Dorneles et al. 2017). É importante que nesses estudos sejam considerados os impactos que esses insumos podem causar na fauna de abelhas nativas que estão fora do contexto agrícola - para o qual a maioria dos pesticidas tem uso destinado -, como é o caso das diferentes comunidades de abelhas que se adaptaram às condições e dinâmicas oferecidas por centros urbanos brasileiros (Taura & Laroca, 2001; Antonini & Martins, 2003; Zanette et al., 2005, Hernandez et al., 2009, Antonini et al., 2013).

Por meio da realização deste estudo, podemos verificar que o Malathion, principal pesticida utilizado para controle de *Ae. aegypti* em centros urbanos, oferece um grande risco para a fauna urbana de abelhas sem ferrão. O reduzido número de estudos realizados com o pesticida (ver Macieira & Hebling-Beraldo, 1989; Moraes et al., 2000; Jabi & Awang Damit, 2019; Padilha et al., 2019) demonstra que ainda há muito o que ser feito para se compreender completamente como essas espécies são atingidas e afetadas durante as épocas em que são feitas suas aplicações. São de fundamental importância a execução de avaliações laboratoriais e de campo dos efeitos letais e subletais do organofosforado por diferentes meios de exposição (oral, aplicação tópica, contato, fumigação), bem como a prospecção de impactos ambientais decorrentes da redução no número de populações de abelhas em áreas antrópicas.

## 2.8 CONCLUSÃO

O organofosforado Malathion apresentou elevada atividade tóxica para *P. helleri*, sendo considerado um risco para as comunidades de meliponíneos em centros urbanos brasileiros onde o pesticida é aplicado para controle de *Ae. aegypti*. Futuros estudos serão realizados a fim de avaliar a toxicidade letal e subletal do insumo na espécie por outros mecanismos de exposição. As informações contidas nesse trabalho podem auxiliar programas de manejo e conservação da fauna presente em ambientes urbanos, bem como influenciar a tomada de decisão de

órgãos sanitários competentes acerca da contínua utilização de Malathion para controle químico vetorial.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da execução dos trabalhos contidos nessa dissertação, foi possível conhecer a diversidade de abelhas sem ferrão presentes em ambientes urbanos localizados em diferentes partes do território brasileiro. Pudemos verificar quais as espécies mais frequentes nesse tipo de ambiente e obter informações sobre sua ecologia de nidificação. Também foi possível evidenciar quais estados brasileiros se configuram como locais prioritários para a execução de estudos que objetivem inventariar e compreender a ecologia de Meliponina presentes em matrizes urbanas. Além disso, preocupados em como as abelhas sem ferrão podem ser impactadas em centros urbanos e, conseqüentemente, terem suas populações reduzidas, nós conseguimos avaliar a toxicidade aguda de Malathion utilizando como modelo uma das espécies que são beneficiadas por ambientes urbanizados.

As informações obtidas por podem: (i) estimular a execução de futuros estudos dentro dos temas abordados; (ii) auxiliar a criação e execução de planos de manejo e conservação da fauna urbana de Meliponina; (iii) contribuir para modificações das políticas de utilização de pesticidas para controle químico de *Ae. aegypti* e outros mosquitos vetores, executada por órgãos sanitários governamentais em centros urbanos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
- Aidar, I. F., Santos, A. O. R., Bartelli, B. F., Martins, G. A., & Nogueira-Ferreira, F. H. (2013). Nesting ecology of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in urban areas: the importance of afforestation. *Bioscience Journal*, 29(5), 1360-1368.
- Albuquerque, P., Ferreira, R. D. G., Rêgo, M., Santos, C. S., & Brito, C. (2001). Levantamento da fauna de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) na região da "Baixada Maranhense": Vitória do Mearim, MA, Brasil. *Acta Amazonica*, 31(3), 419-419.
- Almeida, R. P. S., Arruda, F. V., Silva, D. P., & Coelho, B. W. T. (2019). Bees (Hymenoptera, Apoidea) in an Ecotonal Cerrado-Amazon Region in Brazil. *Sociobiology*, 66(3), 457-466.
- Alvarenga, A. S. (2014). *Influência da estruturada vegetação na comunidade de abelhas em florestas tropicais secas*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
- Alvarenga, P. E. F. (2008). *Levantamento da fauna de abelhas (Hymenoptera, Apidae, Meliponina) na mata Santa Tereza, estação ecológica de Ribeirão Preto –SP, e limitantes da densidade de seus ninhos*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
- Anacleto, D. A., & Marchini, L. C. (2005). Análise faunística de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) coletadas no cerrado do Estado de São Paulo. *Acta scientiarum. Biological sciences*, 27(3), 277-284.
- Anderson, L. D., & Atkins Jr, E. L. (1968). Pesticide usage in relation to beekeeping. *Annual Review of Entomology*, 13(1), 213-238.
- Antonini, Y., & Martins, R. P. (2003). The flowering-visiting bees at the ecological station of the Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil. *Neotropical Entomology*, 32(4), 565-575.
- Antonini, Y., Martins, R. P., Aguiar, L. M., & Loyola, R. D. (2013). Richness, composition and trophic niche of stingless bee assemblages in urban forest remnants. *Urban Ecosystems*, 16(3), 527-541.
- Antunes, H. A., Nunes, L. A., Silva, J. D., & Marchini, L. C. (2012). Abelhas nativas (Apidae: Meliponina) e seus recursos florais em um fragmento de mata localizado em área urbana. *Magistra*, 24(1), 7-14.
- Araújo, V. A., Antonini, Y., & Araújo, A. (2006). Diversity of bees and their floral resources at altitudinal areas in the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical entomology*, 35(1), 30-40.

- Araujo, R. dos S., Bernardes, R. C., Fernandes, K. M., Lima, M. A. P., Martins, G. F., & Tavares, M. G. (2019). Spinosad-mediated effects in the post-embryonic development of *Partamona helleri* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Environmental Pollution*, 253, 11-18.
- Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324-334.
- Atkins, E. L., & Kellum, D. (1986). Comparative morphogenic and toxicity studies on the effect of pesticides on honeybee brood. *Journal of Apicultural Research*, 25(4), 242-255.
- Australian Pesticides, & Veterinary Medicines Authority. (2015). Roadmap for insect pollinator risk assessment in Australia.
- Azevedo, A. A. (2002). *Composição de faunas de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e da flora associada em área de cerrado de Minas Gerais, Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Barbosa, B. C., Detoni, M., Maciel, T. T., & Prezoto, F. (2016). Studies of social wasp diversity in Brazil: Over 30 years of research, advancements and priorities. *Sociobiology*, 63(3), 858-880.
- Barbosa, W. F., Smaghe, G., & Guedes, R. N. C. (2015). Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: pitfalls and perspectives. *Pest Management Science*, 71(8), 1049-1053.
- Braga, I. A., & Valle, D. (2007). *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. *Revista do Sistema Único de Saúde*, 16 (4), 279-293.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. (2019). NOTA INFORMATIVA Nº 77/2019-CGPNCMD/DEVIT/SVS/MS. Desabastecimento do Malathion EW 44% no estoque nacional. 2019. Recuperado em 25 de Julho, 2019, de: [https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/03052019\\_SEI\\_MS\\_Nota\\_Informativa\\_Desabastecimento.pdf](https://www.cnm.org.br/cms/images/stories/Links/03052019_SEI_MS_Nota_Informativa_Desabastecimento.pdf).
- Bodenheimer, F. S. (1955). *Précis d'écologie animale*. Paris: Payot.
- Bortoli, C., & Laroca, S. (1997). Melissocenologia no Terceiro Planalto Paranaense. I: Abundância relativa das abelhas silvestres (Apoidea) de um biótopo urbano de Guarapuava (PR, Brasil). *Acta Biológica Paranaense*, 26(1-4), 51-86.
- Botina, L. L., Vélez, M., Barbosa, W. F., Mendonça, A. C., Pylro, V. S., Tótola, M. R., & Martins, G. F. (2019). Behavior and gut bacteria of *Partamona helleri* under sublethal exposure to a bioinsecticide and a leaf fertilizer. *Chemosphere*, 234, 187-195.

- Botina, L. L., Bernardes, R. C., Barbosa, W. F., Lima, M. A. P., Guedes, R. N. C., & Martins, G. F. (2020). Toxicological assessments of agrochemical effects on stingless bees (Apidae, Meliponini). *MethodsX*, 7, 100906.
- Camargo, J. M., & Pedro, S. R. (2003). Meliponini neotropicais: o gênero *Partamona* Schwarz, 1939 (Hymenoptera, Apidae, Apinae)-bionomia e biogeografia. *Revista Brasileira de Entomologia*, 47(3), 311-372.
- Canadian Association of Professional Apiculturists. 2013. CAPA statement on honey bee wintering losses in Canada.
- Canadian Association of Professional Apiculturists. 2017. CAPA statement on honey bee wintering losses in Canada.
- Carneiro, F. F., Rigotto, R. M., Augusto, L. G. S., Friedrich, K., & Búrigo, A. C. (2015). Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular.
- Carvalho, A. M. C., & Bego, L. R. (1996). Studies of Apoidea fauna of cerrado vegetation at the Panga Ecological Reserve, Uberlândia, MG, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 40(1), 147-156.
- Carvalho, C. A. L., & Marchini, L. C. (1999). Abundância de ninhos de Meliponinae (Hymenoptera: Apidae) em biótopo urbano no município de Piracicaba-SP. *BRAZILIAN JOURNAL OF AGRICULTURE-Revista de Agricultura*, 74(1), 35-44.
- Castro, M. M., Prezoto, H. H. S., Fernandes, E. F., Bueno, O. C., & Prezoto, F. (2015). The ant fauna of hospitals: advancements in public health and research priorities in Brazil. *Revista Brasileira de entomologia*, 59(1), 77-83.
- Cham, K. O., Rebelo, R. M., Oliveira, R. D. P., Ferro, A. A., Viana-Silva, F. D. C., Borges, L. D. O., ... & Macedo, T. C. (2017). *Manual de avaliação de risco ambiental de agrotóxicos para abelhas*. Brasília: Ibama/Diqua.
- Cham, K. O., Nocelli, R. C., Borges, L. O., Viana-Silva, F. E. C., Tonelli, C. A. M., Malaspina, O., ... & Rocha, M. C. L. (2019). Pesticide exposure assessment paradigm for stingless bees. *Environmental entomology*, 48(1), 36-48.
- Chino, H., & Toda, M. J. (1997). "OBITUARY," *Zoological Science*, 14(2), 185-186.
- Cockerell, T. D. A. (1900). Descriptions of New Bees Collected by Mr. HH Smith in Brazil: I. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 52, 356-377.
- Colwell, R. K., & Elsensohn, J. E. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography*, 37(6), 609-613.

- Cure-Hakim, J. R., & Laroca, S. (2010). A comunidade de abelhas silvestres (Anthophila) do Parque da Cidade (Curitiba, Brasil): diversidade, abundância relativa, fenologia e recursos tróficos. *Acta Biológica Paranaense*, 39.
- Dantas e Silva, M., Ferreira, M. S., & Ferreira, M. S. (2019). Espécies de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponini) em um fragmento urbano de Mata Atlântica secundária no Recôncavo da Bahia, Brasil. *MAGISTRA*, 30, 189-198.
- d'Ávila, M., & Marchini L.C. (2008). Análise faunística de himenópteros visitantes florais em fragmento de cerradão em Itirapina, SP. *Ciência Florestal*, 18(2), 271-279.
- Decourtye, A., Henry, M., & Desneux, N. (2013). Overhaul pesticide testing on bees. *Nature*, 497(7448), 188-188.
- Dorneles, A. L., de Souza Rosa, A., & Blochtein, B. (2017). Toxicity of organophosphorus pesticides to the stingless bees *Scaptotrigona bipunctata* and *Tetragonisca fiebrigi*. *Apidologie*, 48(5), 612-620.
- Ducke, A. (1902). Beobachtungen Über Blütenbesuch, Erscheinungszeit etc. der bei Pará Vorkommenden. II *Allgemeine Zeitschrift für Entomologie*, 17, 321-326.
- Ducke, A. (1906). Neue Beobachtungen über die Bienen der Amasonslander. *Allgemeine Zeitschrift für Entomologie*, 2, 51-60.
- Ducke, A. (1907). Contribution à la connaissance de la faune hymenéoptérologique du Nordeste du Brésil. I. *Rev d'Entomologie*, 26,73-96.
- Ducke, A. (1908). Contribution a la connaissance des Hymenopteres des deux Amériques. *Rev d'Entomologie*, 27, 28-87.
- Ducke, A. (1910). Explorações botânicas e entomológicas no Estado do Ceará. *Revista Trimestral do Instituto do Ceará*, 24, 3-61.
- Ellis, J. D., Evans, J. D., & Pettis, J. (2010). Colony losses, managed colony population decline, and Colony Collapse Disorder in the United States. *Journal of Apicultural Research*, 49(1), 134-136.
- European Food Safety Authority (2013). EFSA Guidance Document on the risk assessment of plant protection products on bees (*Apis mellifera*, *Bombus spp.* and solitary bees). *EFSA Journal*, 11(7), 3295.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. (1992). Guideline on test methods for evaluating the side-effects of plant protection products on honey bees. *EPPO Bull*, 22, 203-215.
- Felton, J. C., Oomen, P. A., & Stevenson, J. H. (1986). Toxicity and hazard of pesticides to honeybees: harmonization of test methods. *Bee World*, 67(3), 114-124.

- Friese, H. (1910). Neue Bienenarten aus Süd-Amerika. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*, 56, 693-711.
- Gotelli, N. J., & Colwell, R. K. (2001). Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology letters*, 4(4), 379-391.
- Gruchowski-w, F. C., Iantas, J., Maciel, L., & Holdefer, D. R. (2010). Inventário da fauna de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) com a utilização de armadilha atrativa e interceptadora de voo em flora típica sul paranaense. *Biodiversidade Pampeana*, 8(1), 25-31.
- Haubruge, E., Nguyen, B. K., Widart, J., Thomé, J. P., Fickers, P., & De Pauw, E. (2006). Le dépérissement de l'abeille domestique, *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae): faits et causes probables. *Notes fauniques de Gembloux*, 59(1), 3-21.
- Heard, T. A. (1999). The role of stingless bees in crop pollination. *Annual review of entomology*, 44(1), 183-206.
- Hernandez, J. L., Frankie, G. W., & Thorp, R. W. (2009). Ecology of urban bees: a review of current knowledge and directions for future study. *Cities and the Environment (CATE)*, 2(1), 3.
- Imperatriz-Fonseca, V. L., Saraiva, A. M., & De Jong, D. (2006). *Bees as Pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting the best practices*. Ribeirão Preto: Holos.
- Jabi, N. A. N., & Awang Damit, H. (2019). Effect of residual toxicity of selected insecticides to the Malaysian stingless bee *Heterotrigona itama*. *Borneo Akademika*, 3(1), 1-9.
- Kerr, W. E., Carvalho, G. A., & Nascimento, V. A. (1996). *Abelha urucu: biologia, manejo e conservação*. Belo Horizonte: Acangaú.
- Kerr, W. E., Carvalho, G. A., Coletto-Silva, A., & Assis, M.G.P. (2001). Aspectos Pouco Mencionados da Biodiversidade Amazônica. *Parcerias Estratégicas*, 12, 20-41.
- Kerr, W. E., Sakagami, S. F., Zucchi, R., Portugal-Araujo, V., Camargo, J.M.F. (1967). Observações sobre a arquitetura dos ninhos e comportamento de algumas espécies de abelhas sem ferrão das vizinhanças de Manaus, Amazonas (Hymenoptera, Apoidea). *Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica*, 5, 235-309.
- Knoll, F. R. N., Bego, L. R., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (1993). As abelhas em áreas urbanas. Um estudo no campus da Universidade de São Paulo. In J. R. Pirani, & M. Cortopassi-Laurino (Eds.). *Flores e Abelhas em São Paulo*. São Paulo: Edusp/FAPESP.

- Laroca, S., Cure, J. R., & Bortoli, C. D. (1982). A associação de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de uma área restrita no interior da cidade de Curitiba (Brasil): uma abordagem biocenótica. *Dusenía*, 13(3), 93-117.
- Leandro, A. D. S., Rios, J. A., Britto, A. D. S., Galvão, S. R., Lopes, R. D., Rivas, A. V., ... & de Castro, W. A. C. (2020). Malathion insecticide resistance in *Aedes aegypti*: laboratory conditions and in situ experimental approach through adult entomological surveillance. *Tropical Medicine & International Health*, 25(10), 1271-1282.
- Locatelli de Souza, E. M. (2003). *Fenologia e relações abelhas/plantas em uma comunidade de Mata Serrana (Brejo de Altitude) no Nordeste do Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Maciel, T. T., Barbosa, B. C., & Prezoto, F. (2018). Urbanização e os Insetos Sociais. In A. Andriolo, F. Prezoto, B. C. Barbosa (Eds). *Impactos Antrópicos: Biodiversidade Aquática & Terrestre*. Juiz de Fora: Real Consultoria em Negócios Ltda.
- Macieira, O. J., & Hebling-Beraldo, M. J. A. (1989). Laboratory toxicity of insecticides to workers of *Trigona spinipes* (F., 1793)(Hymenoptera, Apidae). *Journal of apicultural research*, 28(1), 3-6.
- Macoris, M. D. L. G., Andrighetti, M. T. M., Takaku, L., Glasser, C. M., Garbeloto, V. C., & Bracco, J. E. (2003). Resistance of *Aedes aegypti* from the state of São Paulo, Brazil, to organophosphates insecticides. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98(5), 703-708.
- Macoris, M. D. L. G., Andrighetti, M. T. M., Otrera, V. C. G., Carvalho, L. R. D., Caldas Júnior, A. L., & Brogdon, W. G. (2007). Association of insecticide use and alteration on *Aedes aegypti* susceptibility status. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 102(8), 895-900.
- Martins, A. C., Gonçalves, R. B., & Melo, G. A. (2013). Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years. *Zoologia (Curitiba)*, 30(2), 157-176.
- Martins, C. F., Laurino, M. C., Koedam, D., & Imperatriz-Fonseca, V. L. (2004). Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). *Biota Neotropica*, 4(2), 1-8.
- Mateus, S., Pereira, U. C. R., Cabette, H. S. R., & Zucchi, R. (2009). Locais de Nidificação das Abelhas Nativas sem Ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) do Parque Municipal do Bacaba, Nova Xavantina-MT. *Mensagem Doce*, 1, 60-62.
- Mesquita, N. S., dos Santos, G. C., Mesquita, N. S., Mesquita, R. S., Mesquita, F. S., Rode, R., Ribeiro, R. S. & da Silva, A. D. S. L. (2018). Diagnóstico da relação entre a arborização e a diversidade de abelhas sem ferrão (Apidae:

Meliponini) no campus Tapajós e no Bosque Mekdece localizados em Santarém, PA. *Revista Agroecossistemas*, 9(2), 130-147.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS medicine*, 6(7), e1000097.

Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., Stewart, L. A., & Prisma-P Group. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4(1), 1-9.

Moraes, S. S., Bautista, A. R. L., & Viana, B. F. (2000). Avaliação da toxicidade aguda (DL50 e CL50) de inseticidas para *Scaptotrigona tubiba* (Smith)(Hymenoptera: Apidae): via de contato. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 29(1), 31-37.

Moure, J. S., Urban, D., & Melo, G. A. R. (2007). *Catalogue of Bees(Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region*. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia.

Nogueira Neto, P. (1997). *Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão*. São Paulo: Nogueirapis.

OECD. (1998a). Guidelines for the testing of chemicals. Number 213. Honeybees, acute oral toxicity test. OECD Environmental Health Safety Division.

OECD. (1998b). Guidelines for the testing of chemicals, Number 214. Honeybees, acute contact toxicity test. OECD Environmental Health Safety Division.

Oldroyd, B. P. (2007). What's killing American honey bees?. *PLoS Biol*, 5(6), e168.

Oliveira, F. F. D., Richers, B. T. T., Silva, J. R. D., Farias, R. C., & Matos, T. A. D. L. (2013). *Guia ilustrado das abelhas" sem ferrão" das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)*. Tefé: Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.

Oliveira, M. L., Morato, E. F., & Garcia, M. V. (1995). Diversidade de espécies e densidade de ninhos de abelhas sociais sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae) em floresta de terra firme na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Zoologia*, 12(1), 13-24.

Padilha, A. C., Piovesan, B., Morais, M. C., Arioli, C. J., Zotti, M. J., Grützmacher, A. D., & Botton, M. (2019). Toxicity, attraction, and repellency of toxic baits to stingless bees *Plebeia emerina* (Friese) and *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz)(Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Ecotoxicology and environmental safety*, 183, 109490.

- Paramasivam, M., & Selvi, C. (2017). Laboratory bioassay methods to assess the insecticide toxicity against insect pests-A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1441-1445.
- Patterson, J., Sammon, M., & Garg, M. (2016). Dengue, Zika and chikungunya: emerging arboviruses in the New World. *Western Journal of Emergency Medicine*, 17(6), 671.
- Pedro, S. R. (2014). The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). *Sociobiology*, 61(4), 348-354.
- Pereira, S. A. N. (2015). Levantamento da fauna de abelhas no município de Monte Carmelo-MG. *Revista GeTeC*, 4(7).
- Pinheiro-Machado, C., & Silveira, F.A (Coords.). (2006). Surveying and monitoring of pollinators in natural landscapes and in cultivated fields. In V.L. Imperatriz-Fonseca, A. M. Saraiva, & D. De Jong, (Eds.). *Bees as pollinators in Brazil: Assessing the status and suggesting best practices*. Ribeirão Preto: Holos.
- Pioker-Hara, F.C. (2011). *Determinantes da densidade e distribuição de ninhos e diversidade de espécies de meliponíneos (Apidae, Meliponini) em áreas de cerrado de Itirapina, SP*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Pope, C. N. (1999). Organophosphorus pesticides: do they all have the same mechanism of toxicity?. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews*, 2(2), 161-181.
- Possamai, B. T., Dec, E., Mouga, D. M. D. S. (2017). Bee community and trophic resources in Joinville, Santa Catarina. *Acta Biológica Catarinense*, 4(1):29-41.
- Pundir, C. S., & Malik, A. (2019). Bio-sensing of organophosphorus pesticides: a review. *Biosensors and Bioelectronics*, 140, 111348.
- Proní, E. A. (2000). Biodiversidade de abelhas indígenas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae) na bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*, 3(2).
- Roubik, D. W. (1992). *Ecology and natural history of tropical bees*. Cambridge: University Press.
- Sakagami, S. F., Laroca, S., & Moure, J. S. (1967). Wild Bee Biocoenotics in São Jose dos Pinhais (PR), South Brazil.: Preliminary Report. *Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, 16(2), 253-291.
- Sakagami, S. F., & Laroca, S. (1971). Relative abundance, phenology and flower visits of apid bees in eastern Paraná, southern Brazil (Hymenoptera, Apidae). *Kontyü*, 39(3), 217-230.

- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. A. (2019). Worldwide decline of the entomofauna: A review of its drivers. *Biological conservation*, 232, 8-27.
- Santiago, L. R., Brito, R. M., Muniz, T. M. V. L., Oliveira, F. F. D., & Francisco, F. D. O. (2009). The bee fauna from Parque Municipal da Cachoeirinha (Iporá, Goiás state, Brazil). *Biota Neotropica*, 9(3), 393-397.
- Santos, J. F. (2012). *Fenologia da floração e rede de interação entre abelhas e plantas em uma área em processo de restauração florestal localizada em Araras-SP*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Schrottky, C. (1902). Ensaio sobre as abelhas do Brasil. *Rev. Museu Paulista*, 5, 330-613.
- Silva, S. O. (2019). *Hortas urbanas e abelhas nativas: um estudo de caso em Foz do Iguaçu –PR*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal da Integração Latino-America, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil.
- Silveira, F. A., & Campos, M. J. O. (1995). A melissofauna de Corumbataí (SP) e Paraopeba (MG) e uma análise da biogeografia das abelhas do cerrado brasileiro (Hymenoptera, Apoidea). *Revista brasileira de Entomologia*, 39(2), 371-401.
- Silveira, F. A., Melo, G. A. R., & Almeida, E. A. B. (2002). *Abelhas brasileiras: sistemática e identificação*. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira.
- Siqueira, E. N. L., Bartelli, B. F., Nascimento, A. R. T., & Nogueira-Ferreira, F. H. (2012). Diversity and nesting substrates of stingless bees (Hymenoptera, Meliponina) in a forest remnant. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012, 1-9.
- Slaa, E. J., Chaves, L. A. S., Malagodi-Braga, K. S., & Hofstede, F. E. (2006). Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, 37(2), 293-315.
- Sobreiro, A. I. (2018). *Influência da regeneração florestal na comunidade de abelhas da Mata Atlântica e Cerrado, Brasil*. Tese de doutorado, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MatoGrosso do Sul, Brasil.
- Somavilla, A., Schoeninger, K., Nogueira, D. S., & Kohler, A. (2018). Diversidade de abelhas (Hymenoptera: Apoidea) e visitação floral em uma área de Mata Atlântica no Sul do Brasil. *EntomoBrasilis*, 11(3), 191-200.
- Sorreque, M. H. C. (2016). *Interação entre abelhas e flora em remanescentes de cerrado nos municípios de Campo Mourão e Tuneiras do Oeste –Paraná*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

- Sousa, L. A., de Oliveira Pereira, T., Prezoto, F., & Faria-Mucci, G. M. (2002). Nest foundation and diversity of Meliponini (Hymenoptera, Apidae) in an urban area of the municipality of Juiz de Fora, MG, Brazil. *Bioscience Journal*, 18(2).
- Sousa, V. C. (2014). *Riqueza, abundância relativa e densidade de ninhos de meliponíneos (Apidae, Meliponini) em duas áreas de estágios sucessionais distintos de vegetação do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo*. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.
- Souza, S. G. X., Melo, A. M. C., Neves, E. L., & Teixeira, A. (2015). As abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina) residentes no campus Federação/Ondina da Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil. *Cadombá - Revista Virtual*, 1(1), 57-69.
- Stankus, T. (2008). A review and bibliography of the literature of honey bee Colony Collapse Disorder: a poorly understood epidemic that clearly threatens the successful pollination of billions of dollars of crops in America. *Journal of Agricultural & Food Information*, 9(2), 115-143.
- Stankus, T. (2014). Reviews of science for science librarians: an update on honeybee colony collapse disorder. *Science & Technology Libraries*, 33(3), 228-260.
- Steiner, J., Zillikens, A., Kamke, R., Feja, E. P., & Falkenberg, D. B. (2010). Bees and melittophilous plants of secondary Atlantic forest habitats at Santa Catarina Island, southern Brazil. *Oecologia Australis*, 14(1), 16-39.
- Taura, H. M., & Laroca, S. (1991). Abelhas altamente sociais (Apidae) de uma área restrita em Curitiba (Brasil): Distribuição dos ninhos e abundância relativa. *Acta Biológica Paranaense*, 20(4-1), 85-101.
- Taura, H. M., & Laroca, S. (2001). A associação de abelhas silvestres de um biótopo urbano de Curitiba (Brasil), com comparações espaço-temporais: abundância relativa, fenologia, diversidade e exploração de recursos (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biológica Paranaense*, 30.
- Taura, H. M., Laroca, S., Barbosa, J. F., & Rodrigues, J. (2007). Melissocenótica (Hymenoptera, Anthophila) no Parque Florestal dos Pioneiros, Maringá, PR (sul do Brasil) - I. Abundância relativa e diversidade. *Acta Biológica Paranaense*, 36(1-2), 47-65.
- Toledo, V. D. A. A. D., Fritzen, A. E. D. T., Neves, C. A., Ruvolo-Takasusuki, M. C. C., Sofia, S. H., & Terada, Y. (2003). Plants and pollinating bees in Maringá, State of Paraná, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(4), 705-710.
- United States Environmental Protection Agency, Health Canada Pest Management Regulatory Agency, California Department of Pesticide Regulation (USEPA, PMRA, CDPR). (2014). Guidance for assessing pesticide risks to bees.

- Valle, D., Pimenta, D. N., & Cunha, R. V. (2015). *Dengue: teorias e práticas*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz.
- Valle, D., Bellinato, D. F., Viana-Medeiros, P. F., Lima, J. B. P., & Martins Junior, A. D. J. (2019). Resistance to temephos and deltamethrin in *Aedes aegypti* from Brazil between 1985 and 2017. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 114.
- vanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S80-S95.
- vanEngelsdorp, D., Underwood, R., Caron, D., & Hayes Jr, J. (2007). Estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: A report commissioned by the Apiary Inspectors of America. *American Bee Journal*.
- vanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubruge, E., Nguyen, B. K., Frazier, M., ... & Pettis, J. S. (2009). Colony collapse disorder: a descriptive study. *PloS one*, 4(8), e6481.
- Viana, B. F., & Kleinert, A. D. M. P. (2005). A community of flower-visiting bees (Hymenoptera: Apoidea) in the coastal sand dunes of northeastern Brazil. *Biota neotropica*, 5(2), 79-91.
- Viana-Silva, F., Pires, C., Torezani, K., Borges, L., Cham, K., Dias, C., ... & Ferraz, A. (2017). 1.12 Selection matrix for Brazilian bee species to risk assessment of pesticides.
- Viera, K. M. (2015). *Vespas em ninhos armadilha e nidificação de meliponíneos em um fragmento urbano de mata atlântica, MG*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.
- Vieira, K. M., Netto, P., Amaral, D. L., Mendes, S. S., Castro, L. C., & Prezoto, F. (2016). Nesting stingless bees in urban areas: a reevaluation after eight years. *Sociobiology*, 63(3), 976-981.
- Werneck, H. A., & Faria-Mucci, G. M. (2014). Abelhas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) da Estação Ecológica de Água Limpa, Cataguases-MG, Brasil. *EntomoBrasilis*, 7(2), 164-166.
- World Health Organization. (2003). *Space spray application of insecticides for vector and public health pest control: a practitioner's guide* (No. WHO/CDS/WHOPES/GCDPP/2003.5). World Health Organization.
- World Health Organization. (2006). *Pesticides and their application: for the control of vectors and pests of public health importance* (No. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.1). World Health Organization.

Zanette, L. R. S., Martins, R. P., & Ribeiro, S. P. (2005). Effects of urbanization on Neotropical wasp and bee assemblages in a Brazilian metropolis. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 105-121.