

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**  
**CURSO DE DOUTORADO EM AGROECOLOGIA**

**SILVER JONAS ALVES FARFAN**

**A MELIPONICULTURA COMO INDUTORA DE PROCESSOS DE RESILIÊNCIA  
SOCIOECOLÓGICA EM AGROECOSSISTEMAS CAMPONESES NA BAIXADA  
MARANHENSE**

São Luís

2021

**SILVER JONAS ALVES FARFAN**

Agrônomo, Mestre em agronomia

**A MELIPONICULTURA COMO INDUTORA DE PROCESSOS DE RESILIÊNCIA  
SOCIOECOLÓGICA EM AGROECOSSISTEMAS CAMPONESES NA BAIXADA  
MARANHENSE**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Orientadora: Prof. Dra. Danielle Camargo  
Celentano Augusto

Coorientador: Prof. Dr. Guillaume Rousseau

São Luís

2021

Farfan, Silver Jonas Alves.

A meliponicultura como indutora de processos de resiliência socioecológica em agroecossistemas camponeses na Baixada Maranhense / Silver Jonas Alves Farfan. – São Luís, 2021.

124 f

Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientadora: Profa. Dra. Danielle Camargo Celentano Augusto.

Coorientador: Prof. Dr. Guillaume Xavier Rousseau.

1.Abelha. 2. Ecossistema. 3.Mel. 4.Amazônia. I.Título

CDU: 638.16(812.1)

**Elaborado por Giselle Frazão Tavares - CRB 13/665**

SILVER JONAS ALVES FARFAN

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de Doutor em Agroecologia.

Aprovado em: 03 de Dezembro de 2021.

Comissão Julgadora:

Prof. Dra. Danielle Camargo Celentano Augusto PPGA-UEMA Orientadora

Prof. Dra. Generosa Sousa Ribeiro -UESB

Prof. Dr. Marcelo Casimiro Cavalcante-Unilab

Prof. Dra. Francisca Helena Muniz-UEMA

Prof. Dr. Christoph Gehring — UEMA

São Luís

2021

***Dedico***

*À minha querida e amada esposa Nadja,  
nossos filhos Félix Gabriel e Ariel  
e, às tiúbas, cada mel gostoso!  
Aos meliponicultores(as)  
Graças à Deus por tudo.*

## **Agradecimentos**

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE) pela licença para esta importante qualificação. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos. Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA pelo apoio financeiro e logístico da pesquisa. À minha orientadora Danielle Celentano e o coorientador Guillaume X. Rousseau pelo incentivo e confiança na pesquisa e a oportunidade de aprender muito com vocês.

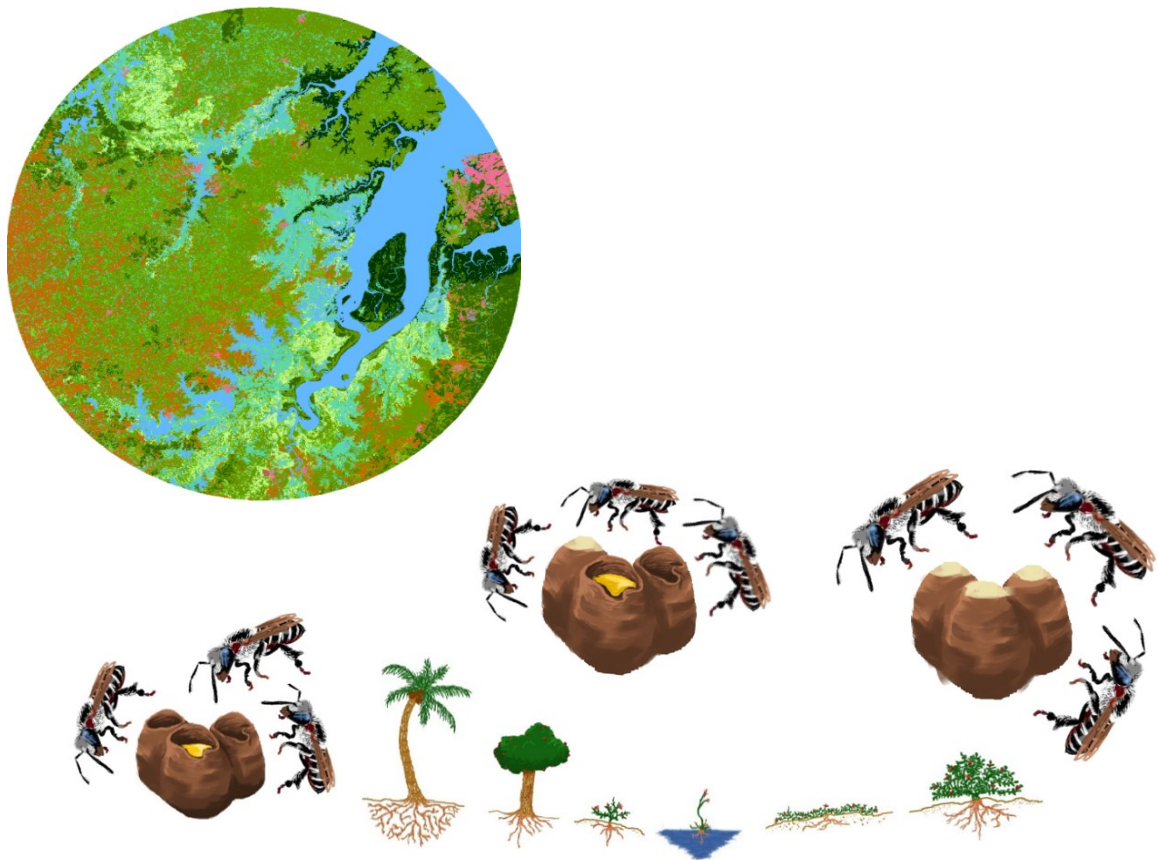
Aos colaboradores que, sem eles eu não poderia ter feito essa pesquisa. Ao Osmar Mário Pinheiro e Mariano Rosa de Freitas meliponicultores que se dedicaram me apresentando outros meliponicultores da pesquisa, em nome deles agradeço a todos os participantes. Celso Henrique L. S. Junior e Marcus Vinícius de F. Silveira doutorando e mestrando do INPE que se interessaram e dedicaram muito tempo comigo no planejamento e obtenção dos dados Sistema de Informação Geográfica - SIG, manipulação e a análise estatística dos dados, os professores Luís Aragão e Liana Anderson que me receberam para estágio no INPE e colocaram a equipe do TREES para me ajudar. Raymony Tayllon A. Serra e Jhonatan A. M. Gutierrez por ajudarem a planejar, analisar estatística e revisão de textos. Em especial ao Luís M. H. Garcia construiu e me ensinou as análises estatísticas mais adequadas e respaldadas para esta pesquisa.

Aos colaboradores Harryson C. Barros, Gilvania S. Pereira, Luciana dos S. Aires e Nadja Maria Guedes Farfan, na preparação e organização das lâminas com os tipos polínicos, às professoras Márcia Rêgo, Patrícia Albuquerque e Eleuza Tenório que cederam laboratórios. Ao prof. José de Ribamar pelos conselhos e oportunidade no campo. À Dra. Monique H. M. Ribeiro pela primorosa identificação, contagem e organização dos dados. Aos colaboradores Janderson R. Silva e MSc. Diego S. Campos que ajudaram a planejar e ensinaram a usar SIG no valioso QGIS. Aos colegas do LARECO pelos incentivos e opiniões. Aos Sr. Osmar Mário, Mariano Inácio e Jocei Ribeiro que dedicaram tempo comigo fazendo a bola de neve.

À minha esposa Nadja M. Guedes. Farfan por vir me acompanhar, colaborar e ficar me esperando, aos filhos Félix G. G. Farfan e Ariel G. Farfan e o sobrinho Ramon R. Silva, que vieram me acompanhar nessa quarentena pandêmica e me estimularam a voltar a cuidar do corpo, senão eu estaria muito enferrujado. Ao meu pai Mário Farfan Cantoya, em memória, e mãe Casilda Alves Farfan, bolivianos, os irmãos João Alves, em memória, Walter Salvador da C. Farfan e Maria Olímpia J. Almeida, que sempre me incentivaram e financiaram desde o início, fazendo a imigração da Bolívia para o Brasil ser um sucesso.

*as abelhas são  
pequenas como haicais  
grandes na produção*

*Silvana Meneses, 2020*



Créditos das ilustrações: mapeamento desta pesquisa; abelha tiúba *Melipona fasciculata* e potes de mel – Félix Gabriel, forma de vida das espécies botânicas – Ariel Guedes.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	xi
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xii
<b>RESUMO</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
<b>2.1 Resiliência social e ecológica</b> .....	20
<b>2.2 Sociobiodiversidade e paisagem camponesa</b> .....	22
<b>2.3 Agroecossistemas e territórios camponeses</b> .....	24
<b>2.4 Abelhas e polinização</b> .....	26
<b>2.5 Flora na Baixada Maranhense</b> .....	28
<b>2.6 O valor do serviço ecossistêmico da polinização</b> .....	30
<b>2.7 O desaparecimento das abelhas</b> .....	31
<b>3 HIPÓTESE</b> .....	32
<b>4 OBJETIVOS</b> .....	33
<b>4.1 Objetivo geral</b> .....	33
<b>4.2 Objetivos específicos</b> .....	33
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	34
<b>CAPÍTULO II: O BEM COMUM NA COPRODUÇÃO HUMANA COM A ABELHA NATIVA TIÚBA, <i>Melipona fasciculata</i>, NA BAIXADA MARANHENSE</b> .....	46
<b>RESUMO</b> .....	47
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	47
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	48
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>4 CONCLUSÕES</b> .....	51
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	52
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	52



<b>CAPÍTULO III: THE EFFECT OF LANDSCAPE COMPOSITION ON STINGLESS BEE (<i>Melipona fasciculata</i>) HONEY PRODUCTIVITY IN A WETLAND ECOSYSTEM OF EASTERN AMAZON, BRAZIL .....</b>	<b>54</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>56</b>
<b>1 INTRODUCTION .....</b>	<b>57</b>
<b>2 METHODOLOGY .....</b>	<b>58</b>
<b>2.1 Study area .....</b>	<b>58</b>
<b>2.2 Experimental design .....</b>	<b>59</b>
<b>2.3 Honey productivity .....</b>	<b>60</b>
<b>2.4 Mapping the bee landscape .....</b>	<b>60</b>
<b>2.5 Floral origin with Melissopalynology .....</b>	<b>61</b>
<b>2.6 Data analysis .....</b>	<b>62</b>
<b>2.6.1 Preparation of matrices .....</b>	<b>62</b>
<b>2.6.2 Modeling the effects of landscapes on productivity .....</b>	<b>63</b>
<b>2.6.3 Modeling the effects of floral origin on productivity .....</b>	<b>64</b>
<b>3 RESULTS .....</b>	<b>64</b>
<b>3.1 Profile of beekeepers and honey productivity .....</b>	<b>64</b>
<b>3.2 Bee landscape .....</b>	<b>64</b>
<b>3.3 Landscape effects on honey productivity .....</b>	<b>65</b>
<b>3.4 Floral origin of honey .....</b>	<b>68</b>
<b>3.5 Relationships between floral origin and honey productivity .....</b>	<b>69</b>
<b>4 DISCUSSION .....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 Landscapes related to greater honey productivity .....</b>	<b>72</b>
<b>4.2 Landscapes related to lower honey productivity .....</b>	<b>73</b>
<b>4.3 Relations between floral origin and honey productivity .....</b>	<b>73</b>
<b>5 CONCLUSION .....</b>	<b>74</b>
<b>6 ACKNOWLEDGMENTS .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>75</b>
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR .....</b>	<b>81</b>
<b>CAPÍTULO IV: A INFLUÊNCIA DA ORIGEM FLORAL E DA PAISAGEM NA IDENTIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE MÉIS MATURADOS DE TIÚBA (<i>Melipona fasciculata</i>) NO LESTE AMAZÔNICO .....</b>	<b>85</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>87</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>88</b>

<b>2 METODOLOGIA</b> .....	89
2.1 Área de estudo .....	89
2.2 A abelha <i>Melipona fasciculata</i> .....	90
2.3 Desenho experimental .....	91
2.4 Coleta das amostras .....	91
2.5 Maturação do mel .....	92
2.6 Análise físico-química do mel .....	92
2.7 Origem floral com melissopalínologia .....	92
2.8 Mapeamento da paisagem da abelha .....	93
2.9 Análise de dados .....	94
2.9.1 Preparação de matrizes .....	94
2.9.2 Modelagem .....	94
<b>3 RESULTADOS</b> .....	95
3.1 Características físico-químicas .....	95
3.2 Origem floral .....	96
3.3 Paisagem da abelha .....	96
3.4 Modelagem para características físico-químicas .....	97
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	99
4.1 Açúcares redutores, cinzas e umidade .....	100
4.2 Acidez e pH .....	102
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	103
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	103
<b>MATERIAL SUPLEMENTAR</b> .....	111
<b>CAPÍTULO V: CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	117
ANEXO A - Instruções para autores - Journal of Apicultural Research. ....	119
APÊNDICE A - Matrizes geradoras das análises. ....	125
APÊNDICE B - Figura resumo para revista Journal of Apicultural Research. ....	140
APÊNDICE C - Entrevista semiestruturada e ficha de colheita de mel. ....	141
APÊNDICE D - Figuras extras da execução da pesquisa. ....	145

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO II:

- Figura 1. Localização dos 47 meliponários estudados, delimitação dos municípios e da APA da Baixada Maranhense, Norte do Maranhão, 2019. .... 49

### CAPÍTULO III:

- Figura 1. (a) Localização da área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil, e (b) as 34 unidades amostrais (paisagens apícolas) enumeradas (id) na APA. .... 59
- Figura 2. Composição da paisagem das abelhas (*Melipona fasciculata*) em 34 meliponários dispostos em um gradiente de produtividade, unidade de amostragem (id) refere-se ao meliponário no centro da paisagem das abelhas, indicação de baixa e alta produtividade de mel, são identificadas cidades (área urbana), na APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018. .... 67
- Figura 3. Microfotografias (objetiva de 40x; escala de 10 micrômetros) dos quinze pólenes principais, em abundância relativa, observados nas lâminas de amostras de mel da abelha *Melipona fasciculata* de meliponários de 13 municípios da Baixada Maranhense APA, no leste da Amazônia brasileira. 2019. .... 69
- Figura 4. Figura resumo a ser apresentada à revista Journal of Apicultural Research. .... 140

### CAPÍTULO IV:

- Figura 1. Localização da área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada Maranhense e as 33 unidades amostrais – meliponários / paisagens apícolas, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil, 2020. .... 90
- Figura 2. Classes das paisagens ao redor das 33 unidades amostrais – meliponários / paisagens apícolas, organizadas em gradiente de cobertura com vegetação secundária de 26 a 33 anos, na área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil 2020. .... 97
- MATERIAL SUPLEMENTAR - CAPÍTULO IV:**
- Figura 3. Análise de redundância (RDA) com as variáveis explicativas. .... 115
- Figura 4. Regressões lineares com as principais variáveis explicativas. .... 116

### APÊNDICE D

- Figura 1. Alguns dos meliponicultores envolvidos na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018. .... 143
- Figura 2. Esquema de localização e mapeamento das paisagens utilizadas pelas abelhas na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018. .... 144
- Figura 3. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre produtividade de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018. .... 145
- Figura 4. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre características físico-química de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018... 146
- Figura 5. Diversos momentos da etapa de campo da pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018. .... 147

## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

Tabela 1. Forma de vida de plantas fontes florais de néctar e pólen para a Tiúba ( <i>Melipona fasciculata</i> , Meliponini) com outros usos de interesse humano. Adaptado (ALBUQUERQUE <i>et al.</i> , 2013). .....	29
--	----

### CAPÍTULO III:

Table 1. Sequência de análise de redundância (RDA) para testar os efeitos da paisagem (uso e cobertura do solo) na produtividade do mel de <i>Melipona fasciculata</i> (Y) na Área de Proteção Ambiental (APA) da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil, em 2019. ....	66
Table 2. Análise de variância do modelo aditivo final para testar a produtividade do mel de <i>Melipona fasciculata</i> , na Área de Proteção Ambiental (APA) da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil, em 2019. ....	66
Table 3. Coeficientes de modelo independente obtidos com RDA de produção de mel (Y) de <i>Melipona fasciculata</i> em função de 77 espécies, obtidos por melissopalínologia na Amazônia oriental brasileira, Brasil. O modelo 2 omitiu espécies raras. ....	70

#### MATERIAL SUPLEMENTAR - CAPÍTULO III:

Tabela 4. Tipos polínicos (77) identificados em amostras de abelhas <i>Melipona fasciculata</i> por espécies vegetais nas 34 paisagens estudadas da APA Baixada Maranhense, na Amazônia oriental brasileira, Brasil, em 2019. ....	81
Tabela 5. Análise da origem floral em mel de <i>Melipona fasciculata</i> de 34 meliponários (id) na APA da Baixada Maranhense, Amazônia Oriental, Brasil, em 2019. O pólen tipo 1, 2, 3, 4 especifica o principal pólen de espécies nectaríferas e seus parentes abundância. ....	83
Tabela 6. Quinze principais espécies botânicas e sua ocorrência (%) nos 34 meliponários (id) na APA da Baixada Maranhense, Amazônia oriental brasileira, Brasil, em 2019. ....	84

### CAPÍTULO IV:

Tabela 1. Características físico-químicas de 33 amostras de méis de <i>Melipona fasciculata</i> na APA da Baixada Maranhense maturados em 180 dias, temperatura ambiente 25-29°C em 2021, legislação dos estados de Bahia (ADAB, 2014), São Paulo (SAA, 2017) e Pará (ADEPARÁ, 2021). ....	96
Tabela 2. Significância e valor de R <sup>2</sup> ajustado de modelo de regressão múltipla selecionados com RDA, efeitos positivos e negativos de variáveis explicativas das características físico-químicas de méis maturados de <i>Melipona fasciculata</i> , na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (APA), estado do Maranhão, Leste da Amazônia, Brasil, em 2019. ....	98

#### MATERIAL SUPLEMENTAR - CAPÍTULO IV:

Tabela 3. Matriz A. A. Características físico-químicas de 33 méis <i>Melipona fasciculata</i> de diferentes paisagens. AcucarR: açúcares redutores, AcucarNR: sacarose, AcidezL: acidez livre, pH: potencial hidrogeniônico, Cinzas: teor de cinzas, SolInsTot: sólidos insolúveis em água, HMF: hidroximetilfurfural, Umid: teor de umidade. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2019. ....	111
Tabela 4. Tipos polínicos (76) identificados em amostras de abelhas <i>Melipona fasciculata</i> por espécies de plantas nas 33 paisagens estudadas da APA Baixada Maranhense, na Amazônia oriental brasileira, Brasil, em 2019. ....	112
Tabela 5. Riqueza e abundância de forma de vida. ....	114

## RESUMO

A conservação de ecossistemas naturais e a restauração de áreas degradadas são fundamentais para garantir a resiliência socioecológica, especialmente frente às mudanças climáticas. A meliponicultura é uma atividade tradicional que promove sinergia entre as pessoas, as abelhas e as paisagens. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da paisagem sobre a produtividade e a qualidade do mel da abelha Tiúba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) como elemento de resiliência socioecológica em agroecossistemas camponeses da Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense - APA. Para isso foram (1) selecionados e georreferenciados quarenta e sete meliponários, (2) realizados os mapeamentos das paisagens, (3) entrevistados os meliponicultores, (4) coletadas amostras de mel para medir a produtividade, realizar a melissopalínologia e determinar as características físico-químicas após maturação em 180 dias. Os meliponicultores tem alto grau de satisfação com a atividade, que no geral é herdada dos pais. A composição da paisagem e os recursos florais têm um efeito significativo na produtividade e na qualidade do mel da abelha Tiuba na APA. Foi identificado um conjunto de 77 espécies botânicas (84% nativas). A maior produtividade de mel ocorre em paisagens com maior porcentagem e densidade de campo natural, porcentagem de água permanente e composição específica de espécies botânicas arbustivas nativas. No entanto, há menor riqueza de espécies e abundância de pólen nesses méis. Meliponários em paisagens com maior cobertura florestal madura apresentam menor produtividade de mel, porém possuem méis com maior riqueza e abundância de espécies nativas, indicando mais serviços ecossistêmicos de polinização nessas paisagens. A qualidade dos méis amostrados era semelhante aos méis de Meliponini na Amazônia, exceto para sacarose, HMF e sólidos insolúveis que tinham médias maiores. As paisagens rurais típicas da APA com abundantes palmeiras, riqueza de espécies de arbustos e os característicos campos inundáveis e sua flora associada apresentam relações com açúcares, cinzas, umidade, acidez e pH dos méis estudados. Nossos resultados identificam sinergia entre meliponicultura, conservação e restauração de paisagens nesta região, o que garante uma maior resiliência socioecológica. Embora ofereça serviços ecológicos, a meliponicultura sofre ameaças com a apicultura migratória (*Apis mellifera* L.), o desmatamento e a ausência de uma regulamentação adequada. É necessário que o poder público ampare a meliponicultura como atividade de alto benefício social e ambiental

**Palavras-chaves:** abelha nativa, sensoriamento, melissopalínologia, físico-química.

## ABSTRACT

The conservation of natural ecosystems and the restoration of degraded areas are essential to ensure socio-ecological resilience, especially in the face of climate change. Meliponiculture is a traditional activity that promotes synergy between people, bees, and landscapes. The objective of this work was to evaluate the effect of the landscape on the productivity and quality of honey from the Tiúba bee (*Melipona fasciculata*, Meliponini) as an element of socioecological resilience in peasant agroecosystems in the Baixada Maranhense Environmental Protection Area - APA. For this, forty-seven honey bee plants were (1) selected and georeferenced, (2) landscape mapping was carried out, (3) stingless beekeepers were interviewed, (4) honey samples were collected to measure productivity, perform melissopalynology and determine the physical-chemicals characteristics after maturation in 180 days. Stingless beekeepers have a high degree of satisfaction with the activity, which is generally inherited from their parents. Landscape composition and floral features have a significant effect on the productivity and quality of the Tiuba honey in the APA. A set of 77 botanical species (84% native) was identified. The highest honey productivity occurs in landscapes with a higher percentage and density of natural grassland, percentage of permanent water, and species composition of native shrub botanical species. However, there is lower species richness and pollen abundance in these honey. Meliponaries in landscapes with greater mature forest cover have lower honey productivity, but have honey with greater richness and abundance of native species, indicating more pollination ecosystem services in these landscapes. The quality of the honey sampled was similar to the honey of Meliponini in the Amazon, except for sucrose, HMF, and insoluble solids which had higher averages. The typical rural landscapes of the APA with abundant palm trees, the richness of shrub species, and the characteristic floodplains and their associated flora present relationships with sugars, ashes, humidity, acidity, and pH of the studied honey. Our results identify synergy between meliponiculture, conservation, and restoration of landscapes in this region, which ensures greater socio-ecological resilience. Although it offers ecological services, meliponiculture is threatened by migratory beekeeping (*Apis mellifera* L.), deforestation, and the absence of adequate regulation. The government must support meliponiculture as an activity of high social and environmental benefit.

Keywords: native bee, remote sensing, melissopalynology, physical chemistry.

---

## Capítulo I

### INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

*“E disse Deus: Produza a terra erva verde, erva que dê semente,  
árvore frutífera que dê fruto segundo a sua espécie, cuja  
semente está nela sobre a terra; e assim foi”*

*Moisés, 1000 A.C.*

*Gênesis 1.11.*

## INTRODUÇÃO

O desmatamento reduz a abundância e a riqueza de polinizadores, levando a diminuição do fluxo genético e colocando em risco toda a comunidade vegetal, em especial as plantas alógamas que dependem dos polinizadores para manter a heterozigose. Isso compromete a manutenção dos ecossistemas e, principalmente, sua capacidade de adaptação às transformações da paisagem e do clima (GHAZOUL; MCLEISH, 2001).

A perda e a fragmentação de habitats, a expansão agrícola e o uso indiscriminado de agrotóxicos tem impactado diretamente nas populações de abelhas em paisagens naturais (MYERSCOUGH *et al.*, 2017; VANENGELSDORP *et al.*, 2017). Isso tem impactos ecológicos, sociais e econômicos drásticos, já que a produtividade de plantas cultivadas também depende dos polinizadores (BRANCALION *et al.*, 2016; GARIBALDI *et al.*, 2013). No Brasil, as abelhas nativas representam 40% dos polinizadores (KERR; CARVALHO; SILVA, 2001) e a degradação ambiental altera seu comportamento de nidificação, forrageamento e polinização (ROUBIK, 2006).

No Maranhão, 75% do Bioma Amazônia foi desmatado para dar espaço à expansão da agropecuária (CELENTANO *et al.*, 2017), podendo afetar a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais como a polinização. Além disso, o Maranhão é considerado um dos estados brasileiros mais vulneráveis aos desastres das mudanças climáticas (ALMEIDA; WELLE; BIRKMANN, 2016), sendo crucial o estabelecimento de políticas estaduais para a restauração florestal (CELENTANO *et al.*, 2017), assim como o fomento de atividades econômicas de baixo impacto que valorizem a sociobiodiversidade, como a criação de abelhas nativas.

A abelha nativa Tiúba, *Melipona (Melikerria) fasciculata* (Smith, 1854), é a principal espécie criada na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (APA) e tem importância na geração de renda de agricultores familiares (CARVALHO *et al.*, 2016; KERR, 1996; MARTINS *et al.*, 2011). A meliponicultura (criação de abelhas nativas sem ferrão) na APA é uma atividade tradicional antiga e com relatos da existência de criadores na década de



1950 havia alguns criadores com 2.000 colônias de *M. fasciculata* número muito superior aos relatos de outras espécies e regiões na América Latina (KERR, 1996). Entre 1981 e 1988 as pesquisas e iniciativas pioneiras do geneticista Warwick Kerr impulsionaram seguidores nas universidades para atuarem com as abelhas nativas e até hoje existem variadas linhas de pesquisa sendo conduzidas por muitos professores e estudantes (TENÓRIO; BARROS; PACHECO, 2012). Em 2001 iniciou-se um projeto intitulado “Abelhas Nativas”, desenvolvido para a conservação da abelha *M. fasciculata* e geração de renda pela Universidade Federal do Maranhão em 18 comunidades. Em decorrência dessas iniciativas, em 2011 havia 12.000 colônias em produção com 15 toneladas anuais comercializadas no mercado local e nacional (DE OLIVEIRA ALVES, 2013).

Esta abelha utiliza fontes diversificadas de néctar e pólen e tem preferência pelas plantas nativas (ALBUQUERQUE et al., 2013; BARTH, 2004a; MARTINS et al., 2011; SILVA, 2007). Os méis das abelhas nativas são mais diversificados em sabores, cores e aromas em função da grande diversidade de plantas que elas visitam (DE OLIVEIRA ALVES, 2013; ROUBIK, 2006), o que lhe atribui alto valor medicinal e culinário (ARAÚJO et al., 2016; JAFFÉ et al., 2015). A detecção da origem floral do mel provém do estudo melissopalínológico, que revela quais espécies nectaríferas foram visitadas (BARTH, 2004a). Além de indicar a qualidade do mel, esta análise fornece informações importantes sobre a diversidade e composição vegetal na paisagem (ANTONINI; COSTA; MARTINS, 2006).

A meliponicultura pode garantir a presença abundante de polinizadores nativos, promove conservação e restauração na escala da paisagem (ALBUQUERQUE et al., 2013; FREITAS; VANDERBORGHT; BARTH, 2018; MARTINS et al., 2011), diminuindo a vulnerabilidade frente às mudanças climáticas. Historicamente, o manejo das paisagens onde se pratica a meliponicultura tem estreita relação com as necessidades humanas e das abelhas, revelando a memória biocultural das comunidades tradicionais (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015). Afinal, a criação de abelhas nativas é fundamentada no mutualismo entre humanos, abelhas e plantas (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; GARIBALDI et al., 2016).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi: (i) avaliar a meliponicultura com a abelha tíuba *M. fasciculata* praticada na APA, (ii) os efeitos das paisagens e da flora na produtividade e qualidade dos méis e (iii) compreender os efeitos desta atividade na resiliência socioecológica na escala da paisagem.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

A agroecologia é uma ciência em construção que considera mudança de paradigmas, questiona principalmente o atual modelo e os objetivos das ciências agrárias na produção de alimentos e outros produtos agropecuários e as consequências ambientais e sociais (GLIESSMAN, 2009; PETERSEN; SILVEIRA, 2017). A agroecologia, além de ciência é um movimento político e prática social, articula diferentes áreas do conhecimento, é transdisciplinar, propõe uma visão sistêmica e orientada para sustentabilidade em todas as suas dimensões (PETERSEN; SILVEIRA, 2017).

O objetivo geral do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da UEMA inclui compreender “problemas e minimizar conflitos entre o produtivo e o ecológico, compatibilizando a economia e a ecologia no contexto do desenvolvimento sustentável”. O agroecólogo deve se colocar como mediador entre os interesses ecológicos e agrícolas-econômicos (MOURA, 2002).

Portanto, a meliponicultura e o manejo dos agroecossistemas pelos camponeses no contexto maranhense incorpora as referências da agroecologia, é onde se pretende compreender os problemas e múltiplos efeitos da criação de abelhas nativas. É o exercício da visão sistêmica, orientada para sustentabilidade da prática social e articulada com as diferentes áreas do conhecimento, para descobrir como valorizar e contribuir com aquelas comunidades.

### **2.1 Resiliência social e ecológica**

Resiliência social e ecológica é a capacidade de uma sociedade e um ambiente se manter e recuperar-se após uma adversidade ambiental, climática, econômica ou política (RUIZ AGUDELO *et al.*, 2020). Muitos agricultores, para enfrentarem as adversidades vêm mantendo conhecimentos tradicionais e sabedorias milenares tais como: sementes de plantas resistentes a solos ácidos e estresse hídrico, armazenamento de água no solo e para o uso doméstico, sistemas

agroflorestais, escala de produção adequada à mão de obra familiar e a criação de animais nativos ou adaptados (ALTIERI; KOOHAFKAN, 2008).

A biodiversidade natural de espécies é organizada em grupos por funções contendo redundâncias dos serviços ecossistêmicos que irão agir resistindo aos estresses conferindo a resiliência. Existe um número de espécies maior que o número de funções, quanto mais espécies de mesma função maior será a redundância e atuarão nos momentos de adversidades resistindo e ampliando a resiliência (MCGRANAHAN, 2014). Dentre os polinizadores o grupo das abelhas é o mais importante e desempenha sua função ecossistêmica nas paisagens mais ou menos antropizadas (BORGES et al., 2020).

Dentro desse contexto, inferimos que a criação de abelhas nativas é um exemplo de herança das tradições dos povos Maia e indígenas brasileiras (SOUSA, 2021), e têm um papel importante na manutenção da cultura e dos ecossistemas. Existem pelo menos 19 espécies nativas sendo criadas no Brasil, sendo as mais comuns: *Tetragonisca angustula* (Jataí), *Melipona quadrifasciata* (Mandaçaia), *Melipona scutellaris* (Uruçu), *Melipona subnitida* (Jandaíra) e *M. fasciculata* (Tiúba) (JAFFÉ et al., 2015), no Ceará 24 espécies foram observadas em meliponários (FELIX; FREITAS, 2021).

As abelhas nativas representam 40% dos polinizadores, são responsáveis pela polinização de até 90% das plantas nativas na Mata Atlântica, 30% das plantas nativas na Caatinga e no Pantanal (KERR; CARVALHO; SILVA, 2001). Há constatações de maior resiliência em agroecossistemas camponeses após desastres climáticos na América Central com relação positiva com a maior biodiversidade e infraestrutura social construídas (ALTIERI; NICHOLLS, 2013).

Mas ainda resta esclarecer se determinados ecossistemas mais resilientes conduzem o processo ou se a infraestrutura social e ecológica construída é quem conduz (WALKER et al., 2002). O desmatamento amazônico, poucas áreas de conservação, altos índices de focos de fogo e indicadores sociais muito baixos põem o Maranhão entre os mais vulneráveis aos riscos de desastres climáticos no Brasil, especialmente secas e inundações. Nesse cenário estão postos à prova quais dos agroecossistemas praticados são mais ou menos resilientes social e ecologicamente (ALMEIDA; WELLE; BIRKMANN, 2016; CELENTANO et al., 2017; SILVA JUNIOR et al., 2020).

Esse cenário indica quais as ameaças e vulnerabilidades a que estão sujeitos os camponeses no Maranhão. Os agroecossistemas camponeses são manejados em policultivos e pequenas áreas dimensionadas pela capacidade de mão de obra e demandas da família, utilizando sabedorias tradicionais, tecnologias, conhecimento sobre a fauna, flora, solos, clima e até o cosmos (ALTIERI; KOOHAFKAN, 2008).

Estudar a resiliência social e ecológica dos agroecossistemas camponeses no Maranhão poderá revelar em que medida as ameaças climáticas decorrentes da ação humana estão ocorrendo e qual tem sido a capacidade de responder com a recuperação do sistema.

## **2.2 Sociobiodiversidade e a paisagem camponesa**

O governo federal brasileiro tomou a iniciativa de promover a sociobiodiversidade, tomando como base o grande valor existente que é a sua megabiodiversidade assumida internacionalmente. O decreto nº 2.519 (BRASIL, 1988) ordena a execução da Convenção sobre Diversidade Biológica (BRASIL, 2015). Essa lei regula o acesso ao “patrimônio genético, a proteção e o acesso ao conhecimento tradicional associado e sobre a repartição de benefícios para conservação e uso sustentável da biodiversidade”.

A biodiversidade está intimamente vinculada ao sustento das populações indígenas e não-indígenas tradicionais, trata-se dos bens de uso comum do povo. A Lei nº 13.123 de 2015 reconhece e protege todos os conhecimentos, informações e práticas tradicionais sobre as propriedades e usos associados ao patrimônio genético brasileiro, regulando a pesquisa e desenvolvimento.

Muitas paisagens de agroecossistemas construídas pelos povos tradicionais do campo ao redor do mundo vem sendo estudadas e valorizadas. No entanto, esta contribuição ainda permanece em uma invisibilidade fabricada, explicada pelo constante ambiente de hostilidade e luta por autonomia observado em todo mundo (EDELMAN, 2011; PLOEG, 2013, 2008). Esse entendimento concorda com conceitos e intenções brasileiras na proteção da sua sociobiodiversidade.

Os sistemas camponeses são heranças importantes globalmente, um legado para o futuro, paisagens de alta riqueza biológica, processos de coadaptação e evolução com o ambiente, fornecem bens, serviços ecológicos e segurança alimentar nas comunidades

(ALTIERI; KOOHAFKAN, 2008). A “memória biocultural” (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015) é a herança existente em comunidades tradicionais no mundo, experiências mantidas nos rincões desvalorizadas, ignoradas e estigmatizadas como arcaicas e ineficientes.

Esse estereótipo foi planejado e desenvolvido para permitir o avanço do capitalismo sobre a agropecuária na sociedade pós-moderna que vivemos. Eles caracterizam as memórias bioculturais como agroecossistemas, tecnologias, paisagens construídas de acordo com vocações e limitações dos ambientes locais, o que concluem que são chaves para superação das atuais crises social, ecológica e econômica (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015).

No Brasil estima-se que existam aproximadamente 5.000 meliponicultores, a maioria camponeses, servidores públicos ou pensionistas (JAFFÉ *et al.*, 2015), certamente este número está subestimado diante da observação da multiplicação de iniciativas na atualidade. A criação de abelhas nativas é uma atividade de mais baixo impacto que agricultura ou pecuária que dependem do cultivo nos solos e da herbivoria, é uma atividade muito adaptada para o desenvolvimento sustentável (CORTOPASSI-LAURINO *et al.*, 2006).

A criação de abelhas associada com agroecossistemas familiares onde se privilegia o cultivo de plantas nativas ou exóticas altamente dependentes de polinização por abelhas tais como: maracujá (100%), caju (88%), melão (45-75%), café (40%), beringela (30%) (SILVA, 2011; NUNES-SILVA *et al.*, 2013; BRANCALION *et al.*, 2016) e por abelhas nativas tais como açai e beringela por *M. fasciculata*; abacate, café, goiaba, laranja e tangerina por *Tetragonisca angustula*; (BORGES *et al.*, 2020) que tem grande importância social e econômica no cenário atual.

A pesquisa das paisagens e polinizadores concomitante à demanda e necessidade social dos agroecossistemas camponeses, a sociobiodiversidade são entendimentos plenamente sintonizados (BRANCALION *et al.*, 2016; BRASIL, 2015; METZGER, 2001). Os conceitos de memória biocultural, sabedoria tradicional, legado (missão confiada) e herança (material e imaterial), ao mesmo tempo, com o ambiente de hostilidade e luta por autonomia caracterizado, são igualmente complementares e oportunos nessa abordagem (ALTIERI; KOOHAFKAN, 2008; BARRERA-BASSOLS, 2015; PLOEG, 2008).

### 2.3 Agroecossistemas e territórios camponeses

Os agroecossistemas nos territórios camponeses são menos estudados que os territórios do agronegócio exportador, especialmente os serviços ecológicos da polinização e do controle biológico com insetos, e relacionado ao excessivo uso de agrotóxicos (BOMBARDI, 2017; ROCHA, 2012; WALKER *et al.*, 2002). As paisagens agrícolas de grande escala são muito mais homogêneas, para permitir mecanização, ao contrário, as paisagens camponesas têm grande diversidade de situações e muito menos esforços das pesquisas (WALKER *et al.*, 2002).

Os territórios agroexportadores de larga escala estão associados à degradação dos solos, contaminação das águas subterrâneas, rios, alimentos, êxodo rural, violência, pobreza, redução de locais de nidificação e fontes de néctar e pólen (BOMBARDI, 2017; CANUTO; LUZ; SANTOS, 2020; ROCHA, 2012; WALKER *et al.*, 2002). Os camponeses são responsabilizados por uma parte dos pesquisadores como principais causadores do desmatamento nos trópicos com a agricultura de corte-e-queima, mas isso não é consenso (GEIST; LAMBIN, 2002; JÚNIOR; MURRIETA; ADAMS, 2008, 2008).

Os camponeses detêm a menor quantidade de terras, e vivem em minifúndios, no entanto, muito produtivos a ponto de alimentar o mundo (LOWDER; SKOET; SINGH, 2014), propriedades com até 2 hectares produzem um terço dos alimentos do mundo e a agricultura familiar – com qualquer tamanho – produz 80% (HANNAH, 2021) portanto, não poderiam ser responsabilizados pela destruição em larga escala.

A agricultura de larga escala, pecuária extensiva e mineração figuram entre os principais causadores do desmatamento na Amazônia, somente no Maranhão 75 % da floresta já foram destruídos (CELENTANO *et al.*, 2017). A operação do desmatamento tem a seguinte sequência: corte, queima e conversão ilegal de terras devolutas, de indígenas, quilombolas e da agricultura familiar tradicional em propriedades privadas, o que foi estudado e pode ser comprovado pelo estudo dos focos de incêndios em áreas desmatadas registradas (SILVEIRA *et al.*, 2020).

Uma tentativa mais recente de explicar o que é um agroecossistema do ponto de vista camponês e familiar, se refere a um “ecossistema cultivado, socialmente gerido”, uma coprodução da natureza e do manejo racional (PETERSEN; SILVEIRA, 2017). A coprodução é um entendimento sobre a interação e transformação da natureza e do camponês, principal

distinção com relação ao ambiente urbano, que não lida com os mesmos processos ecossistêmicos para produzir (PLOEG, 2021, 2008).

A família camponesa possui complexas características com relação à esfera social e a natureza que o rodeia (PLOEG, 2013) e entre essas esferas circulam fluxos econômicos e ecológicos que podem ser explicados pelo conceito de metabolismo socioecológico que vem da economia ecológica: os camponeses gerenciam seu metabolismo junto com o metabolismo do ecossistema (MOLINA; TOLEDO, 2011).

Existe um princípio em que vive o camponês e uma condição (PLOEG, 2008). O princípio da vida no campesinato tem no centro a coprodução, que está sobre o controle da base de recursos naturais manejada pela sabedoria acumulada. A condição do campesinato se constitui pela constante luta pela autonomia em um ambiente hostil. Ocorre um conflito pelos recursos, do outro lado da luta estão as iniciativas do capitalismo representada pela agricultura moderna que pressiona a família rural, de várias formas diretas e violentas, mas também pela oferta de um modelo falso moderno que propõe dependência externa de sementes, adubo, venenos, combustível e maquinaria. No contexto amazônico e na APA, ocorre uma disputa pela terra exercida pelos especuladores, escondidos atrás dos grileiros, seguido por madeireiros ilegais resultando na violência e minifundização das terras camponesas (EDELMAN, 2011).

A maior parte das pesquisas sobre polinização e controle biológico foram realizadas em paisagens monoculturais extensivas de agricultura, que são realidades muito diferentes das paisagens camponesas (STEWART *et al.*, 2014). A menor parte dos estudos tiveram a paisagem camponesa como contexto (GARIBALDI *et al.*, 2016; ZOU *et al.*, 2017a). Destaca-se aqui um forte apelo para novas pesquisas no contexto camponês: “estamos negligenciando dois bilhões de pequenos proprietários” (STEWART *et al.*, 2014).

As abelhas nativas brasileiras são bem menos estudadas que as *A. mellifera*, especialmente na sua função de polinizadora de plantas cultivadas ou de extrativismo (JAFFÉ *et al.*, 2015; MOURE; GRAF; URBAN, 1999). Uma avaliação sobre o gerenciamento local das paisagens quanto aos serviços de polinização para nove culturas em quatro continentes revelou que a intensificação agrícola compromete as abelhas nativas e seus serviços ecossistêmicos (KLEIN *et al.*, 2007).

O gerenciamento camponês das paisagens para a produção de alimentos é muito mais predominante no mundo, produz a maior parte dos alimentos consumidos, embora não ocupe a

maior parte das propriedades registradas (IBGE, 2006; LOWDER; SKOET; SINGH, 2014). Portanto, é muito acertado e justo o apelo a favor das pesquisas sobre polinização e controle biológico nas paisagens camponesas (STEWART *et al.*, 2014).

Espera-se encontrar mais evidências que as paisagens gerenciadas localmente pelos camponeses conservadores de *M. fasciculata* da APA sejam amigáveis e ampliem os serviços de polinização (BÄNSCH *et al.*, 2021). O histórico da meliponicultura na APA já é uma evidência de que o conhecimento tradicional legado de gerações é mantido e contribui na resistência social ao avanço das ações hostis do capital (FARFAN *et al.*, 2020). Finalmente essas evidências poderão ser interpretadas como indicadores da resiliência socioecológica daquelas comunidades.

Mesmo com as ameaças hostis, na Baixada Maranhense predomina uma socio economia baseada na agricultura familiar, pesca artesanal, extrativismo do coco babaçu (*Attalea speciosa*), e dentro desses agroecossistemas a criação da tiúba (*M. fasciculata*), um típico território camponês sujeito ao princípios e condições camponesas (PLOEG, 2008).

## 2.4 Abelhas e polinização

A origem floral do mel é indicada no estudo chamado melissopalínologia, que revela quais espécies e proporções da flora – a partir da identificação e contagem dos grãos de pólen no mel – são utilizadas pelas abelhas, podendo auxiliar na indicação da origem geográfica e o Bioma no qual as abelhas estão coletando os recursos (BARTH, 2004a). A relação entre visitantes florais (ALVES-DOS-SANTOS *et al.*, 2016) e paisagens permite estimar fatores preditivos da produtividade de cultivos, polinização de áreas naturais e a melhor escala da paisagem dessa análise (ZOU *et al.*, 2017b; NUNES-SILVA *et al.*, 2020).

O que se discute aqui é o papel e estratégia da meliponicultura na resiliência socioecológica e manutenção das paisagens naturais da Baixada Maranhense. É necessário elucidar mais as relações vitais entre abelhas, vegetação e a sustentação da vida humana e como isso poderia ser valorizado e melhorado. Existe conhecimento sobre quais plantas são mais importantes para as abelhas produzirem armazenarem mel, pólen, geoprópolis e suas utilidades (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013; MARTINS *et al.*, 2011; RIBEIRO; LUZ; ALBUQUERQUE, 2019).



O incentivo ao cultivo de plantas nectaríferas e poliníferas, em tese, é o melhor caminho para a restauração e deve ser encorajado nas comunidades rurais e meliponicultores. No entanto, a área de forrageamento dessas abelhas é muito superior ao tamanho médio da maioria propriedades agrícolas de camponeses, que é menor que dois hectares (LOWDER; SKOET; SINGH, 2014) o que mostra a importância da criação destas abelhas na escala da paisagem.

O alcance do voo da *M. fasciculata* é maior que 2 km (NUNES-SILVA *et al.*, 2020), porém a inteligência do enxame é eficaz, elas preferem a fonte múltipla de néctar e pólen que esteja mais perto. E decidem isso em um curto período de aprendizagem sobre o recurso alimentar, o que permite eficiência nas sondagens diárias (FENSTER, 1991; JESUS; VENTURIERI; CONTRERA, 2014; SMITHSON; MACNAIR, 1997). O voo de longa distância é uma opção quando fontes próximas estão ausentes, é o chamado recurso paisagem (ROUBIK, 2006; SILVA *et al.*, 2014). Daí a necessidade de cultivar muitas plantas adequadas próximas ao meliponário e realizar levantamentos florísticos e da flora melitófila é fundamental para isso.

A perda de produtividade agrícola devido à ausência de polinizadores vinculada a degradação ambiental e a qualidade das paisagens necessita de mais estudos, de modo geral, há um déficit conhecido de visitantes florais vinculado à perdas calculadas de produtividade (GARIBALDI *et al.*, 2016; ZOU *et al.*, 2017b).

As melíponas brasileiras do Nordeste são abelhas adaptadas aos trópicos, região de alta diversidade de plantas e animais. Embora elas sejam consideradas generalistas na coleta de alimentos, elas dependem de cavidades de troncos de árvores específicas para nidificação o que as tornam mais vulneráveis ao desmatamento (PIOKER-HARA; DRUMMOND; KLEINERT, 2014).

A vulnerabilidade das melíponas também é explicada pelo fato de que após estabelecido uma colônia nova em um lugar, a rainha não consegue mais voar devido ao desenvolvimento desproporcional do seu abdômen fisiogástrico e suas asas não são capazes de sustentá-la (ROUBIK, 2006). Uma vez ocorrido uma agressão à colônia, a rainha não pode fugir voando, diferentemente do observado com as *Apis mellifera* ao abandonarem seus ninhos (PIOKER-HARA; DRUMMOND; KLEINERT, 2014).

Há outros motivos na biologia dessas abelhas para explicar sua sensibilidade, porém, o fato de serem elas as polinizadoras principais da flora brasileira e plantas cultivadas

(GIANNINI *et al.*, 2020) e produzirem mel, pólen, própolis, geoprópolis e cerume torna a meliponicultura muito necessária e atrativa. Seus méis e pólenes são diversificados com sabores, cores e aromas, ambos submetidos à processos de fermentação controlada ainda no pote de armazenamento (ROUBIK, 2006). A própolis e geoprópolis (própolis com solo) tem alto potencial medicinal e antibiótico (ARAÚJO *et al.*, 2016). São produtos com alto potencial alimentício com atributos para culinária gourmet (DE OLIVEIRA ALVES, 2013).

Existem meliponários mais produtivos que outros, méis mais saborosos que outros e méis mais medicinais que outros (FERNANDES; ROSA; CONTI-SILVA, 2020; VENTURIERI; RAIOL; PEREIRA, 2003). São resultados dos diferentes recursos da paisagem, assim como graus de degradação (ROUBIK, 2006; SILVA *et al.*, 2014). Há uma dinâmica constante da regeneração natural, que promove a resiliência dos ecossistemas a todo o momento tentando reestabelecer o estágio de equilíbrio anterior (SILVA JUNIOR *et al.*, 2020). Como o atual contexto da APA com diferentes paisagens influenciam quantidade e qualidade de mel também serve como diagnóstico do conjunto de agroecossistemas (DURAZZO *et al.*, 2021).

## 2.5 Flora na Baixada Maranhense

A flora útil para a *M. fasciculata* na Baixada Maranhense (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013) constitui o ponto de partida para o estudo da paisagem aqui proposta. Um estudo na Baixada Maranhense identificou nos méis da *M. fasciculata* 75 tipos polínicos de espécies botânicas em sua maioria de porte arbóreo e arbustivo, seguido de herbáceas, subarbustos e trepadeiras (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013). A *M. fasciculata* depende mais de árvores, arbustos e subarbustos que somam 76,3 %, em relação às plantas herbáceas e trepadeiras com 23,7 % que ficam em parte nos campos inundáveis (RAMSAR, 2000).

Quanto às utilidades dessas mesmas plantas para o uso humano poderíamos observar seis usos: alimento, madeira, medicinal, ornamental, adubadeira e planta nativa (Tabela 1). Neste trabalho é possível analisar que tipos de plantas são preferenciais para *M. fasciculata* de onde se destaca a multifuncionalidade das espécies preferidas. Os tipos de plantas poderiam ser utilizados para um planejamento de cultivos, assim como sugerem que um sistema agroflorestal seria mais adequado incluindo principalmente árvores.

Tabela 1. Forma de vida de plantas fontes florais de néctar e pólen para a tiúba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) com outros usos de interesse humano. Adaptado (ALBUQUERQUE *et al.*, 2013).

Tipo de planta	Alimento	Madeira	Medicinal	Ornamental	Adubadeira	Outras	Nº de usos	Total de usos	%
Árvore	14	3	4	3	1	2	6	27	35,5
Arbusto	2	2	8	3	1	7	6	23	30,3
Subarbusto	0	0	2	0	2	4	3	8	10,5
Herbácea	1	1	2	0	0	8	4	12	15,8
Trepadeira	2	0	1	1	0	2	4	6	7,9
<b>Total</b>	19	6	17	7	4	23			100

Os dados de outras pesquisas sobre a flora útil para *M. fasciculata* nos biomas maranhenses Amazônia e Cerrado, ambos essencialmente arbóreos, confirmam a aptidão da *M. fasciculata* essencialmente generalista que precisa de muitas espécies florais para seu suprimento, sobretudo árvores, onde fazem seus ninhos (KERR *et al.*, 1986; PIOKER-HARA; DRUMMOND; KLEINERT, 2014; GOSTINSKI *et al.*, 2018).

Os outros usos das principais plantas melíferas e poliníferas observadas (Tabela 1) indicam estreita proximidade com os interesses humanos diretos tais como nove frutos comestíveis de plantas do tipo árvore, palmeira, arbusto e trepadeira (caju, babaçu, tamarindo, murici, acerola, mamorana, azeitona-roxa, guariroba, maracujá), além dos outros usos citados, são indicações que essa flora manejada nas paisagens tem estreita relação com as necessidades humanas e das abelhas simultaneamente, revelando conhecimentos e sabedorias, a memória biocultural (TOLEDO; BARRERA-BASSOLS, 2015) do lugar em estudo.

De modo similar, uma avaliação dos recursos de pólen usados por *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier em uma floresta urbana (Rio de Janeiro), além de confirmar a preferência e fidelidade às plantas nativas, especialmente algumas árvores como *Mimosa caesalpiniiifolia*, aquela abelha aproveita os recursos das árvores exóticas como eucalipto quando as nativas não oferecem flor (FREITAS; VANDERBORGHT; BARTH, 2018).

Uma análise mais sistêmica e ampliada da paisagem manejada pelas comunidades e pelas abelhas nativas é o que se pretende nessa pesquisa, considerando as características não homogêneas das paisagens camponesas da Baixada Maranhense.

## 2.6 O valor do serviço ecossistêmico da polinização

Muitas frutas e grãos são dependentes totais ou parciais de polinizadores e vários trabalhos indicam maior dependência com insetos nativos do que *Apis mellifera*, que está disseminada em grande parte do globo terrestre. Pesquisas calcularam o valor da polinização em cenários de pequenas propriedades (GARIBALDI *et al.*, 2013, 2016) e concluiu que a perda de 56% da quantidade ideal de polinizadores representa perdas de 24% de produtividade nos cultivos. A densidade e riqueza de visitantes florais tem correlações positivas significativas com a agricultura camponesa e a produtividade (GARIBALDI *et al.*, 2016; ZOU *et al.*, 2017a).

A produtividade de frutas poderia ser duas vezes maior com a presença de polinizadores nativos com abelhas *A. mellifera* complementando os serviço dos polinizadores nativos, mas não as substituem (GARIBALDI *et al.*, 2013). Ou seja, abelhas nativas criadas ou mantidas em ninhos naturais próximos aos cultivos poderiam aumentar a produtividade (GIANNINI *et al.*, 2020).

A menor abundância ou riqueza de polinizadores afeta o fluxo de genes vegetais, as sementes de plantas que ficam isoladas perdem qualidade e produtividade. Espécies dependentes de polinização cruzada tiveram redução no fluxo gênico devido à redução dos voos à longa distância das abelhas pequenas (*Trigona spp*) entre plantas alógamas, contabilizando perdas da heterozigose naqueles indivíduos (GHAZOUL; MCLEISH, 2001; SUJII *et al.*, 2021). A *M. fasciculata* é uma abelha de tamanho médio e permite fluxo gênico no raio de até 2000 m (NUNES-SILVA *et al.*, 2020; BORGES *et al.*, 2020).

O comportamento das abelhas nos ensina que um agroecossistema desenhado para sustentabilidade deveria considerar sempre os nichos para nidificação e menores distâncias entre fontes diversificadas de néctar e pólen e os cultivos (FENSTER, 1991; SMITHSON; MACNAIR, 1997).

A transmissão de genes de mutações naturais benéficas às novas gerações por meio da polinização promoverá capacidade adaptativa às mudanças nas paisagens (GHAZOUL; MCLEISH, 2001). Um exemplo de planta muito representativa no extrativismo no Maranhão que é dioica, portanto, depende de polinizadores é o Buritizeiro (*Mauritia flexuosa*). Se uma planta fêmea ficar isolada, não haverá produção (PINHEIRO, 2011).

A maioria (92%) dos estudos sobre polinização, paisagens e perdas de habitat indica significantes efeitos das mudanças na paisagem sobre a diversidade de polinizadores e no

sucesso reprodutivo de plantas (FERREIRA; BOSCOLO; VIANA, 2013). Portanto, é importante perceber quais variações das paisagens são refletidas na produtividade e qualidade dos méis da tíuba na APA e qual o potencial destas abelhas na visitação floral e restauração socioecológica.

## 2.7 O desaparecimento das abelhas

A destruição dos ecossistemas naturais e intensificação de agroecossistemas menos diversificados com uso de agrotóxicos vem estressando os componentes naturais de produção de modo geral e específico para *M. fasciculata* (PIOKER-HARA; DRUMMOND; KLEINERT, 2014; MYERSCOUGH et al., 2017; VANENGELSDORP et al., 2017). As consequências do desmatamento na redução de locais de nidificação, oferta de néctar e pólen para as abelhas durante o ciclo de vida, aplicação de agrotóxicos em larga escala, redução da imunidade contra doenças vem levando ao colapso de *A. mellifera* que estão desaparecendo desde 2006 (MYERSCOUGH et al., 2017) além de abelhas nativas (LIMA et al., 2016). Os neonicotinóides, por exemplo, tem ação inseticida, tem aplicação global, afetam a saúde das abelhas e é persistente (MITCHELL et al., 2017; WOOD; HOLLAND; GOULSON, 2015).

Ainda não existe no Brasil um sistema de monitoramento das causas do desaparecimento de abelhas registrados, se foram relacionados à patógenos, agrotóxicos ou a associação desses fatores (PIRES et al., 2016). Os testes de toxicidade normalmente são feitos com *A. mellifera*, porque tem ampla distribuição geográfica no mundo e sua biologia é muito conhecida, o que não é adequado para avaliar os mesmos riscos para as espécies nativas (BRASIL / IBAMA / GTT, 2017).

Pesquisas recentes vem confirmando o grande risco para a biodiversidade de abelhas nativas, alterações no comportamento, riscos aos microrganismos que interagem na colônia conservando e fermentando mel e pólen armazenados (ALMEIDA et al., 2021; DE PAULA et al., 2021).

### **3 HIPÓTESE**

Em agroecossistemas camponeses da Baixada Maranhense, a meliponicultura com a abelha nativa Tiúba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) produz mais mel e com melhor qualidade em paisagens com mais cobertura florestal nativa, o que induz a uma maior resiliência socioecológica.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo geral**

Avaliar o efeito da paisagem sobre a produtividade e a qualidade do mel da abelha Tiúba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) como elemento de resiliência socioecológica em agroecossistemas camponeses da Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense.

### **4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar e caracterizar a paisagem de uma amostra representativa de meliponários em diferentes gradientes de conservação florestal na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense;
2. Avaliar a percepção ambiental dos meliponicultores selecionados;
3. Mensurar a produtividade do mel nos meliponários selecionados;
4. Avaliar a qualidade dos méis através de parâmetros físico-químicos;
5. Identificar a origem floral dos méis;
6. Modelar a influência das variáveis da paisagem e da origem floral sobre a produtividade e a qualidade do mel.

## REFERÊNCIAS

ADAB. Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia. Technical regulation of identity and quality of stingless social bee honey, genus *Melipona* (Nº 207 de 21/11/2014, pp. 1–9). . 2014.

ALBUQUERQUE, P. M. et al. **Flores e Abelhas: a interação da tíuba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) com suas fontes florais na Baixada Maranhense**. São Luís: EDUFMA, 2013.

ALBUQUERQUE, U. P. et al. (EDS.). **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. [s.l.] Humana Press, 2014.

ALMEIDA, C. H. S. et al. Sublethal agrochemical exposures can alter honey bees' and Neotropical stingless bees' color preferences, respiration rates, and locomotory responses. **Science of The Total Environment**, v. 779, p. 146432, 20 jul. 2021.

ALMEIDA, L. Q.; WELLE, T.; BIRKMANN, J. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 17, p. 251–272, 1 ago. 2016.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Agroecología y resiliencia al cambio climático: Principios y consideraciones metodológicas. **Agroecología**, v. 8, n. 1, p. 7–20, 2013.

ALTIERI, M.; KOOHAFKAN, P. Enduring Farms: Climate Change, Smallholders and Traditional Farming Communities. 1 jan. 2008.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, p. 711–728, 1 dez. 2013.

ALVES-DOS-SANTOS, I. et al. Quando um visitante floral é um polinizador? **Rodriguésia**, v. 67, n. 2, p. 295–307, jun. 2016.

ANTONINI, Y.; COSTA, R. G.; MARTINS, R. P. Floral preferences of a neotropical stingless bee, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Apidae: Meliponina) in an urban forest fragment. **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2A, p. 463–471, maio 2006.

ARAÚJO, M. J. A. M. et al. *Pythium insidiosum*: inhibitory effects of propolis and geopropolis on hyphal growth. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 47, n. 4, p. 863–869, dez. 2016.



BÄNSCH, S. et al. Crop pollination services: Complementary resource use by social vs solitary bees facing crops with contrasting flower supply. **Journal of Applied Ecology**, v. 58, n. 3, p. 476–485, 2021.

BARBIÉRI, C.; FRANCOY, T. M. Theoretical model for interdisciplinary analysis of human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, 3 ago. 2020.

BARRERA-BASSOLS, N. **A memória biocultural**. [s.l: s.n.].

BARRETT, S. C. H. Tristyly in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Water Hyacinth). **Biotropica**, v. 9, n. 4, p. 230–238, 1977.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 3, p. 342–350, jun. 2004a.

BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 342–350, jun. 2004b.

BOGDANOV, S. et al. Minerals in honey: environmental, geographical and botanical aspects. **Journal of Apicultural Research**, v. 46, n. 4, p. 269–275, 1 jan. 2007.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LULLMAN, C. Harmonised methods of the european honey commission. p. 51–52, 1997.

BOMBARDI, L. M. **Atlas Geográfico do Uso de Agrotóxicos no Brasil e Conexões com a União Europeia**. [s.l: s.n.].

BORCARD, D.; GILLET, F.; LEGENDRE, P. **Numerical Ecology with R**. New York: Springer-Verlag, 2011.

BORGES, R. C. et al. A dataset of multi-functional ecological traits of Brazilian bees. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 120, 14 abr. 2020.

BRAGHINI, F. et al. Stingless bee honey: a precious but unregulated product - reality and expectations. **Food Reviews International**, v. 0, n. 0, p. 1–30, 22 mar. 2021.

BRANCALION, P. H. S. et al. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1–e16, 1 abr. 2016.

BRANCALION, P. H. S. et al. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes. **Science Advances**, v. 5, n. 7, p. eaav3223, 1 jul. 2019.

BRASIL. **Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d2519.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d2519.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2021.

BRASIL. Instrução Normativa n 11, de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (v. 48, pp. 1–5). Ministério da Agricultura

Secretaria de Defesa Agropecuária Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal – DIPOA. . 2000.

BRASIL. Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. . 2015.

BRASIL / IBAMA / GTT. **Nota técnica 2001.000062/2017-93**, 2017. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/avaliacao/2017/2017-07-27-nota\\_tecnica\\_avaliacao\\_de\\_risco\\_de\\_agrotoxicos-para-abelhas.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/agrotoxicos/avaliacao/2017/2017-07-27-nota_tecnica_avaliacao_de_risco_de_agrotoxicos-para-abelhas.pdf)>

CAMARGO, R. C. R. DE; OLIVEIRA, K. L. DE; BERTO, M. I. Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, 12 jan. 2017.

CANUTO, A.; LUZ, C. R. DA S.; SANTOS, P. C. M. DOS (EDS.). **Conflitos no campo: Brasil 2019**. Goiânia: [s.n.].

CAPANEMA, V.; SANCHES, I.; ESCADA, M. **Comparação entre os produtos temáticos de uso e cobertura da terra do Terraclass Amazônia e Mapbiomas: teste de aderência entre classes**. [s.l: s.n.].

CARREIRA, L. M. M. et al. **Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira**. [s.l.] Laís Zumero, 1996.

CARREIRA, L. M. M.; BARTH, O. M. **Atlas de pólen da vegetação de cangas da Serra de Carajás**. Belém, Pará: Goeldi Editoração, 2003.

CARVALHO, G. C. A. et al. FLORA DE IMPORTÂNCIA POLÍNICA UTILIZADA POR *Melipona* (*Melikerria*) *fasciculata* SMITH, 1854 (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) EM UMA ÁREA DE FLORESTA AMAZÔNICA NA REGIÃO DA BAIXADA MARANHENSE, BRASIL. **Oecologia Australis**, v. 20, n. 1, 2016.

CELENTANO, D. et al. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land Use Policy**, v. 68, p. 692–698, 1 nov. 2017.

CHASE, M. W. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1–20, 1 maio 2016.

CHO, Y. et al. Foraging trip duration of honeybee increases during a poor air quality episode and the increase persists thereafter. **Ecology and Evolution**, v. 11, n. 4, p. 1492–1500, 2021.

CHUTTONG, B. et al. Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). **Food Chemistry**, v. 192, p. 149–155, 1 fev. 2016.

CORTOPASSI-LAURINO, M. et al. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 275–292, 1 mar. 2006.

DA SILVA CRUZ, L. F. et al. Storage conditions significantly influence the stability of stingless bee (*Melipona scutellaris*) honey. **Journal of Apicultural Research**, v. 0, n. 0, p. 1–12, 5 ago. 2021.

DARDÓN, M. J.; MALDONADO-AGUILERA, C.; ENRÍQUEZ, E. The Pot-Honey of Guatemalan Bees. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. W. (Eds.). . **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York: [s.n.].

DE OLIVEIRA ALVES, R. M. Production and Marketing of Pot-Honey. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. (Eds.). . **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York, NY: Springer, 2013. p. 541–556.

DE PAULA, G. T. et al. Stingless bees and microbial interactions. **Current Opinion in Insect Science**, Ecology \* Parasites/Parasitoids/Biological control. v. 44, p. 41–47, 1 abr. 2021.

DELIZA, R.; VIT, P. Sensory Evaluation of Stingless Bee Pot-Honey. Chapter 24. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (Eds.). . **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York, EEUU: Springer Science & Business Media, 2013. p. 349–361.

DONKERSLEY, P. Trees for bees. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 270–271, p. 79–83, 1 fev. 2019.

DRUMMOND, M. S. Maturation of stingless bee pot-honey: a new frontier in the gastronomical market. In: VIT, Patricia; ROUBIK, David W. **Stingless bees process honey and pollen in cerumen pots**. Venezuela: Editor Institucional, 2013.

DURAZZO, A. et al. Bee Products: A Representation of Biodiversity, Sustainability, and Health. **Life**, v. 11, n. 9, p. 970, set. 2021.

EDELMAN, M. Van der Ploeg, Jan Douwe: The New Peasantries: Struggles for Autonomy and Sustainability in an Era of Empire and Globalization. **Human Ecology**, v. 39, n. 1, p. 111–113, 1 fev. 2011.

ENGELS, W. **The first record on Brazilian stingless bees published 450 years ago by Hans Staden**. Disponível em: <<https://www.geneticsmr.com/articles/675>>. Acesso em: 6 out. 2021.

FARFAN, S. J. et al. O bem comum na coprodução humana com a abelha nativa Tiúba, *Melipona fasciculata*, na Baixada Maranhense. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 13 jun. 2020.

FEENY, P. Plant Appearance and Chemical Defense. In: WALLACE, J. W.; MANSELL, R. L. (Eds.). . **Biochemical Interaction Between Plants and Insects**. Recent Advances in Phytochemistry. Boston, MA: Springer US, 1976. p. 1–40.

FELIX, J. A.; FREITAS, B. M. Richness and distribution of the meliponine fauna (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in the State of Ceará, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 20 ago. 2021.

FENSTER, C. B. Gene Flow in *Chamaecrista Fasciculata* (leguminosae) I. Gene Dispersal. **Evolution**, v. 45, n. 2, p. 398–409, 1991.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I. G.; CONTI-SILVA, A. C. Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil. **Ciência Rural**, v. 48, 10 maio 2018.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I. G.; CONTI-SILVA, A. C. Honey from Tiúba stingless bees (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 9, p. 3748–3754, 2020.

FERREIRA, P. A.; BOSCOLO, D.; VIANA, B. F. What do we know about the effects of landscape changes on plant–pollinator interaction networks? **Ecological Indicators**, Linking landscape structure and biodiversity. v. 31, p. 35–40, 1 ago. 2013.

FISCHER, J. et al. Making the UN Decade on Ecosystem Restoration a Social-Ecological Endeavour. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 36, n. 1, p. 20–28, 1 jan. 2021.

**Flora do Brasil.** Disponível em:

<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ResultadoDaConsultaNovaConsulta.do#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 15 set. 2020.

FREITAS, A. DA S. DE; VANDERBORGHT, B.; BARTH, O. M. Pollen resources used by *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier in an urban forest in Rio de Janeiro city, Brazil. **Palynology**, v. 42, n. 3, p. 392–399, 3 jul. 2018.

FUENMAYOR, C. A. et al. Honey of Colombian Stingless Bees: Nutritional Characteristics and Physicochemical Quality Indicators. In: Pot-Honey, a legacy of stingless bees. In: **Pot-Honey, a legacy of stingless bees**. New York: Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. p. 654.

GARIBALDI, L. A. et al. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608–1611, 29 mar. 2013.

GARIBALDI, L. A. et al. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield outcomes in small and large farms. **Science**, v. 351, n. 6271, p. 388–391, 22 jan. 2016.

GEHRING, C. et al. Babassu palm (*Attalea speciosa* Mart.) super-dominance shapes its surroundings via multiple biotic, soil chemical, and physical interactions and accumulates soil carbon: a case study in eastern Amazonia. **Plant and Soil**, v. 454, n. 1, p. 447–460, 1 set. 2020.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation: Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. **BioScience**, v. 52, n. 2, p. 143–150, 1 fev. 2002.

GHAZOUL, J.; MCLEISH, M. Reproductive ecology of tropical forest trees in logged and fragmented habitats in Thailand and Costa Rica. **Plant Ecology**, v. 153, n. 1, p. 335–345, 1 abr. 2001.

GIANNINI, T. C. et al. Unveiling the contribution of bee pollinators to Brazilian crops with implications for bee management. **Apidologie**, v. 51, n. 3, p. 406–421, 1 jun. 2020.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 4<sup>a</sup> ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2009.

GONZÁLEZ-MIRET, M. L. et al. Multivariate Correlation between Color and Mineral Composition of Honeys and by Their Botanical Origin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 7, p. 2574–2580, 1 abr. 2005.

GOSTINSKI, L. F. et al. NICHOS TRÓFICOS E PARTIÇÃO DE FONTES POLÍNICAS POR DUAS ESPÉCIES DE MELIPONA (HYMENOPTERA, APIDAE) NA AMAZÔNIA ORIENTAL. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 4, 18 dez. 2018.

HANNAH, R. **Smallholders produce one-third of the world's food, less than half of what many headlines claim**. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/smallholder-food-production>>. Acesso em: 16 jan. 2022.

HÄRTEL, S.; STEFFAN-DEWENTER, I. Ecology: Honey Bee Foraging in Human-Modified Landscapes. **Current Biology**, v. 24, n. 11, p. R524–R526, 2 jun. 2014.

HESSELBARTH, M. H. K. et al. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648–1657, 2019.

IBGE. **Censo agropecuário 2006, agricultura familiar, primeiros resultados, Brasil, grandes regiões e unidades da federação**, 2006. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro\\_2006\\_agricultura\\_familiar.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/50/agro_2006_agricultura_familiar.pdf)>

JAFFÉ, R. et al. Bees for Development: Brazilian Survey Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. **PLOS ONE**, v. 10, n. 3, p. e0121157, 31 mar. 2015.

JESUS, T. N. C. S. DE; VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. Time–place learning in the bee *Melipona fasciculata* (Apidae, Meliponini). **Apidologie**, v. 45, n. 2, p. 257–265, 1 mar. 2014.

JUNIOR, C. H. L. S. et al. Dinâmica das queimadas na baixada maranhense. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 2, n. 5, p. 355–375, 26 ago. 2016.

JÚNIOR, N. N. P.; MURRIETA, R. S. S.; ADAMS, C. A agricultura de corte e queima: um sistema em transformação The slash-and-burn agriculture: a system in transformation. v. 3, n. 2, p. 22, 2008.

KATSANOS, D.; RETALIS, A.; MICHAELIDES, S. Validation of a high-resolution precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. **Atmospheric Research**, v. 169, p. 459–464, mar. 2016.

KERR, W. **Biologia e manejo da tíuba: a abelha do Maranhão**. [s.l: s.n.].

KERR, W. E. et al. Espécies nectaríferas e poliníferas utilizadas pela abelha *Melipona* (compressipes) *fasciculata* (MELIPONINAE, APIDAE), no Maranhão. **Acta Amazonica**, v. 16, p. 145–156, 1986.

KERR, W. E. et al. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. **Parcerias Estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 20–41, 2001.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; SILVA, A. C. D. Aspectos pouco mencionados da biodiversidade amazônica. p. 22, 2001.

KLEIN, A.-M. et al. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303–313, 7 fev. 2007.

KOHLER, F. et al. At what spatial scale do high-quality habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes? **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n. 3, p. 753–762, 2008.

LIMA, M. A. P. et al. Agrochemical-induced stress in stingless bees: peculiarities, underlying basis, and challenges. **Journal of Comparative Physiology. A, Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 202, n. 9–10, p. 733–747, out. 2016.

LOWDER, S. K.; SKOET, J.; SINGH, S. What do we really know about the number and distribution of farms and family farms worldwide? Background paper for The State of Food and Agriculture 2014. p. 45, 2014.

MAJEWSKA, E.; DRUŻYŃSKA, B.; WOŁOSIAK, R. Determination of the botanical origin of honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters coupled with chemometric assays. **Food Science and Biotechnology**, v. 28, n. 5, p. 1307–1314, 1 out. 2019.

MARCHANT, R. Do rare species have any place in multivariate analysis for bioassessment? **Journal of the North American Benthological Society**, v. 21, n. 2, p. 311–313, 1 jun. 2002.

MARTIN, L. et al. Le quaternaire marin brésilien (littoral pauliste, Sud fluminense et bahianais). p. 30, 1980.

MARTINS, A. C. L. et al. Pollen spectrum of honey of “tíuba” (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, Hymenoptera, Apidae). **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 183–190, 2011.

MCGRANAHAN, D. A. Ecologies of Scale: Multifunctionality Connects Conservation and Agriculture across Fields, Farms, and Landscapes. **Land**, v. 3, n. 3, p. 739–769, set. 2014.

MELHEM et al. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordao (São Paulo, Brasil). **Boletim do Instituto de Botânica**, v. 16, p. 9–104, 2003.

- MENEZES, C. et al. **The Role of Useful Microorganisms to Stingless Bees and Stingless Beekeeping. In: Pot-Honey.** 1. ed. New York: Springer, 2013. v. v.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v. 1, n. 1–2, p. 1–9, 2001.
- MITCHELL, E. A. D. et al. A worldwide survey of neonicotinoids in honey. **Science**, v. 358, n. 6359, p. 109–111, 6 out. 2017.
- MOLINA, M. G.; TOLEDO, V. M. **Metabolismos, naturaleza e historia hacia una teoría de las transformaciones socioecológicas.** [s.l: s.n.].
- MORAIS, P. B.; CALAÇA, P. S. S. T.; ROSA, C. A. Microorganisms Associated with Stingless Bees. In: VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. W. (Eds.). . **Pot-Honey: a legacy of stingless bees.** [s.l.] Springer, 2013.
- MOURA, E. **Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semi-árido.** São Luís: UEMA, 2002. v. I
- MOURE, J. S.; GRAF, V.; URBAN, D. Catálogo de Apoidea da região neotropical (Hymenoptera, Colletidae). I. paracolletini. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, p. 1–46, 1999.
- MYERSCOUGH, M. R. et al. **Why Do Hives Die? Using Mathematics to Solve the Problem of Honey Bee Colony Collapse.** (B. Anderssen et al., Eds.)The Role and Importance of Mathematics in Innovation. **Anais...: Mathematics for Industry.**Singapore: Springer, 2017.
- NEUMÜLLER, U. et al. Interactions of local habitat type, landscape composition and flower availability moderate wild bee communities. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 10, p. 2209–2224, 1 out. 2020.
- NOBRE, C. P. et al. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 48, p. 321–329, dez. 2018.
- NUNES-SILVA, P. et al. Stingless bees, *Melipona fasciculata*, as efficient pollinators of eggplant (*Solanum melongena*) in greenhouses. **Apidologie**, v. 44, n. 5, p. 537–546, 1 set. 2013.
- NUNES-SILVA, P. et al. Radiofrequency identification (RFID) reveals long-distance flight and homing abilities of the stingless bee *Melipona fasciculata*. **Apidologie**, v. 51, n. 2, p. 240–253, abr. 2020.
- OKSANEN, J. et al. **vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-7.** [s.l: s.n.].
- ORR, M. C. et al. Global Patterns and Drivers of Bee Distribution. **Current biology: CB**, 12 nov. 2020.

PASCUAL-MATÉ, A. et al. Methods of analysis of honey. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 1, p. 38–74, 1 jan. 2018.

PETERSEN, P. F.; SILVEIRA, L. M. Agroecology, Public Policies and Labor-Driven Intensification: Alternative Development Trajectories in the Brazilian Semi-Arid Region. **Sustainability**, v. 9, n. 4, p. 535, abr. 2017.

PINHEIRO, C. U. B. **Palmeiras do Maranhão: onde canta o sabiá**. São Luís: Aquarela, 2011.

PINHEIRO, C. U. B. Coletas botânicas na zona costeira do estado do Maranhão, nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 3006–3024, 15 dez. 2020.

PINHEIRO, C. U. B.; MACHADO, M. A. Da água doce à água salgada: mudanças na vegetação de igapó em margens de lagos, rios e canais no baixo curso do rio Pindaré, Baixada Maranhense (From fresh to salt water: changes in Igapo vegetation on margins of lakes, rivers and and channels in ...). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 5, p. 1410–1427, 16 ago. 2016.

PIOKER-HARA, F. C.; DRUMMOND, M. S.; KLEINERT, A. DE M. P. The Influence of the Loss of Brazilian Savanna Vegetation on the Occurrence of Nests of Stingless Bees (Apidae: Meliponini). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 393–400, 29 dez. 2014.

PIRES, C. S. S. et al. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422–442, maio 2016.

PLOEG, J. On Rurality, Rural Development and Rural Sociology. **Development in Place: perspectives and challenges**, 2021.

PLOEG, J. VAN DER. Ten qualities of family farming. **Farming Matters**, v. 29, n. 4, p. 8–11, 2013.

PLOEG, J. D. VAN DER. **Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização**. [s.l.] Ed. UFRGS, 2008.

PORRO, N.; VEIGA, I.; MOTA, D. Traditional communities in the Brazilian Amazon and the emergence of new political identities: the struggle of the quebradeiras de coco babaçu—babassu breaker women. **Journal of Cultural Geography**, v. 28, n. 1, p. 123–146, 1 fev. 2011.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: [s.n.].

RAMSAR. **Baixada Maranhense Environmental Protection Area. Ramsar Sites Information Service**. Disponível em: <<https://rsis.ramsar.org/ris/1020>>. Acesso em: 10 set. 2020.



**RCPol – Rede de Catálogos Polínicos Online.** Disponível em: <<http://rcpol.org.br/pt/home/>>. Acesso em: 15 set. 2020.

RIBEIRO, G. P. et al. Influence of freezing, pasteurization and maturation on Tiúba honey quality. **LWT**, v. 90, p. 607–612, 1 abr. 2018.

RIBEIRO, M. H. M.; LUZ, C. F. P. DA; ALBUQUERQUE, P. M. C. DE. Palynology as a tool for distinguishing geopropolis samples from stingless bee species in the Maranhense Amazon, Brazil. **Journal of Apicultural Research**, v. 58, n. 1, p. 16–36, 1 jan. 2019.

ROCHA, A. **Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no Brasil: proposta metodológica de acompanhamento.** Brasília: IBAMA, 2012.

ROUBIK, D. W. Stingless bee nesting biology. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 124–143, 1 mar. 2006.

RUIZ AGUDELO, C. et al. Land use planning in the Amazon basin: challenges from resilience thinking. **Ecology and Society**, v. 25, n. 1, 20 jan. 2020.

SAA. Resolução SAA-52. Regulamento Técnico de Identidade e Padrão do mel elaborado pelas abelhas da subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae), conhecidas por Abelhas sem Ferrão – ASF e os requisitos de processamento e segurança. Secretaria de Agricultura e Abastecimento - SAA. Diário Oficial do Estado, São Paulo, SP, 17 de outubro de 2017. . 3 out. 2017.

SILVA, A. G. et al. Foraging distance of *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v. 61, n. 4, p. 494–501, 29 dez. 2014.

SILVA, J. A. (ED.). **O Código Florestal e a Ciência : Contribuições para o Diálogo.** [s.l.: s.n.].

SILVA, J. M. RECURSOS ALIMENTARES UTILIZADOS POR ABELHAS. p. 71, 2007.

SILVA JUNIOR, C. H. L. et al. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 269, 14 ago. 2020.

SILVEIRA, M. V. F. et al. Drivers of Fire Anomalies in the Brazilian Amazon: Lessons Learned from the 2019 Fire Crisis. **Land**, v. 9, n. 12, p. 516, dez. 2020.

SMITHSON, A.; MACNAIR, M. R. Density-dependent and frequency-dependent selection by bumblebees *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 60, n. 3, p. 401–417, mar. 1997.

SOUSA, G. **Meliponicultura básica para iniciantes.** Salvador: [s.n.].

SOUZA, C. M. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, p. 2735, jan. 2020.

- SPONSLER, D. B.; JOHNSON, R. M. Honey bee success predicted by landscape composition in Ohio, USA. **PeerJ**, v. 3, p. e838, 19 mar. 2015.
- STEWART, P. R. et al. Pollination and biological control research: are we neglecting two billion smallholders. **Agriculture & Food Security**, v. 3, n. 1, p. 5, 19 mar. 2014.
- SUJII, P. S. et al. High gene flow through pollen partially compensates spatial limited gene flow by seeds for a Neotropical tree in forest conservation and restoration areas. **Conservation Genetics**, v. 22, n. 3, p. 383–396, 1 jun. 2021.
- TENÓRIO, E. G.; BARROS, J. R. S.; PACHECO, C. DE C. M. (EDS.). **25 anos de pesquisa com abelha tíuba no Maranhão - Homenagem aos 90 anos do Prof. Dr. Warwick Estevam Kerr**. 1. ed. São Luís: EDUEMA, 2012.
- TOLEDO; BARRERA-BASSOLS. **A memória biocultural, a importância ecológica das sabedorias tradicionais**. 1ª ed. São Paulo: Expressão Popular, 2015.
- VANENGELSDORP, D. et al. Colony Collapse Disorder (CCD) and bee age impact honey bee pathophysiology. **PLOS ONE**, v. 12, n. 7, p. e0179535, 17 jul. 2017.
- VENTURIERI, G. C. et al. Honey production of the “uruçu-cinzenta” stingless bee (*Melipona fasciculata*) after offering cerumen in natural form or as artificially made pots. **Journal of Apicultural Research**, v. 57, n. 1, p. 129–134, 1 jan. 2018.
- VENTURIERI, G. C.; RAIOL, V. DE F. O.; PEREIRA, C. A. B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os agricultores familiares de Bragança - PA, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1–7, 2003.
- VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. (EDS.). **Pot-Honey: A legacy of stingless bees**. New York: Springer-Verlag, 2013.
- WADDELL, E. H. et al. Land-use change and propagule pressure promote plant invasions in tropical rainforest remnants. **Landscape Ecology**, v. 35, n. 9, p. 1891–1906, 1 set. 2020.
- WALKER, B. et al. Resilience Management in Social-ecological Systems: a Working Hypothesis for a Participatory Approach. **Conservation Ecology**, v. 6, n. 1, 19 jun. 2002.
- WOOD, T. J.; HOLLAND, J. M.; GOULSON, D. Pollinator-friendly management does not increase the diversity of farmland bees and wasps. **Biological Conservation**, v. 187, p. 120–126, 1 jul. 2015.
- WRIGHT, G.; NICOLSON, S.; SHAFIR, S. Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. **Annu Rev Entomol**, v. 63, p. 327–344, 2018.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz (São Paulo), 2008. v. Versão eletrônica
- ZOU, Y. et al. Landscape effects on pollinator communities and pollination services in small-holder agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 246, p. 109–116, 1 ago. 2017a.

ZOU, Y. et al. Landscape effects on pollinator communities and pollination services in small-holder agroecosystems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 246, p. 109–116, 1 ago. 2017b.

---

## Capítulo II

### O BEM COMUM NA COPRODUÇÃO HUMANA COM A ABELHA NATIVA TIÚBA, *Melipona fasciculata*, NA BAIXADA MARANHENSE

---

Artigo publicado no XI Congresso Brasileiro de Agroecologia 2019

Cadernos de Agroecologia - ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de  
Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.

Disponível em:

<http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos/article/view/5481/2685>

*Na visão de mundo indígena,  
é necessário tudo o que significa ser humano  
– corpo, mente, coração e espírito –  
para entender algo ecologicamente.*

*George D. Gann et al., 2019*

## O bem comum na coprodução humana com a abelha nativa tíuba, *Melipona fasciculata*, na Baixada Maranhense

*The common good in human coproduction with the native bee tíuba, Melipona fasciculata, in the Baixada Maranhense*

FARFAN, Silver<sup>1,3</sup>; CELENTANO, Danielle<sup>1</sup>; LOCH, Vivian<sup>1</sup>;  
HERNÁNDEZ-GARCÍA, Luis<sup>1</sup>; SILVA-JUNIOR, Celso<sup>2</sup>; FARFAN, Nadja<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PPGA Universidade Estadual do Maranhão, [silverjonasf@gmail.com](mailto:silverjonasf@gmail.com), [danicelentano@yahoo.com.br](mailto:danicelentano@yahoo.com.br); <sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais; <sup>3</sup> Instituto Federal do Sertão Pernambucano.

**Eixo temático: Biodiversidade e bens comuns dos agricultores.**

### Resumo

A biodiversidade é um bem de uso comum que interage em coprodução humana com a abelha tíuba (*Melipona fasciculata*) nos campos e florestas da Área de Proteção Ambiental - APA da Baixada Maranhense. O hábito generalista da abelha tíuba é essencial para a manutenção das paisagens e na produtividade dos agroecossistemas. O objetivo deste trabalho foi revelar dimensões sociais, econômicas e de gestão da meliponicultura na APA Baixada Maranhense. Para isso foram visitados 14 municípios da APA, onde foram encontrados 47 criadores de tíuba com 3.285 colônias. É notório o alto grau de satisfação entre os meliponicultores, uma atividade tradicional que é transmitida através das gerações. Apesar de todos os seus benefícios, a atividade recebe pouco apoio governamental e sofre ameaças, como a apicultura itinerante e o desmatamento ilegal.

**Palavras-chave:** polinizador; camponês; mutualismo, Amazônia.

**Keywords:** polinator; peasant; mutualism; Amazon.

### Introdução

A floresta amazônica tem origem biocultural, são florestas e paisagens de uma coprodução (BALÉE, 2013; PLOEG, 2008) que garante benefícios diretos e indiretos para toda a sociedade. No Maranhão, 75 % do Bioma Amazônia foram desmatados para a expansão da agropecuária (CELENTANO *et al.*, 2017) comprometendo a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais, como é a polinização por insetos nativos.

A biodiversidade amazônica é um bem de uso comum. Belloti (2015) propõe que o bem comum é a defesa e autogestão de recursos estratégicos que gera uma estrutura coletiva

de valores compartilhados. O controle do acesso dos usuários muitas vezes é problemático, quando a subtração desigual de parte dos recursos coletivos afeta negativamente ao próximo ou causa desequilíbrio (HARDIN, 1968).

No entanto, a criação de abelhas nativas contradiz a tragédia dos comuns, já que age opostamente atribuindo resiliência à degradação através da polinização. Por isso é crucial o estabelecimento de políticas de restauração florestal e o fomento de atividades econômicas que valorizem a sociobiodiversidade, como é a meliponicultura. A espécie tíuba (*Melipona* (*Melikerria*) *fasciculata* Smith, 1854) é a principal abelha criada na Baixada Maranhense, adaptada em caixas, mansas, sem ferrão e muito produtivas (KERR, 1996). Seu hábito de forrageamento e polinização generalista pode prover serviços ecossistêmicos em um raio de aproximadamente 2.000 metros (NUNES-SILVA et al., 2013) em torno da colmeia, Coletas realizadas pelas tíubas em 12 meses revelaram pólenes de 58 tipos, 29 famílias e 44 gêneros, principalmente *Arecaceae* que são as palmeiras, muito presentes nas paisagens locais (GOSTINSKI, 2018).

A dádiva de “dar, receber e retribuir” entre abelhas e plantas ilustra bem o princípio de reciprocidade (SABOURIN, 2007) e a relação de mutualismo. As recompensas (néctares, pólenes, resinas e terra) são transformadas em produtos valiosos para as abelhas e para as tradições humanas: mel, samburá, geoprópolis e enxames. As tíubas criadas na APA Baixada Maranhense fazem parte da memória biocultural (TOLEDO, BARRERA-BASSOLS, 2015) dos camponeses, mas, quais as dimensões dessa coprodução? O objetivo deste trabalho é revelar dimensões sociais, econômicas e de gestão da meliponicultura na APA da Baixada Maranhense.

## 2 Metodologia

A área de estudo, a APA da Baixada Maranhense (Figura 1), tem 17.750 km<sup>2</sup>, 500 mil habitantes, economia baseada no extrativismo do babaçu (*Attalea* spp.), pesca artesanal e agricultura familiar. Foi criada por decreto em 1991, designada Sítio Ramsar em 2000 com o objetivo proteger a diversidade biológica, disciplinar a ocupação humana e garantir sustentabilidade do uso dos recursos. Está no Bioma Amazônia, ecótono com influência do Cerrado, vegetação de Cocais. Contém o maior conjunto lacustre do Nordeste, campos

inundáveis e faz parte da maior faixa de manguezais contínuos do planeta (MARANHÃO, 1991; MMA, 2002).

O clima é tropical úmido, temperatura média de 27 °C, pluviosidade de 1.600 a 2.000

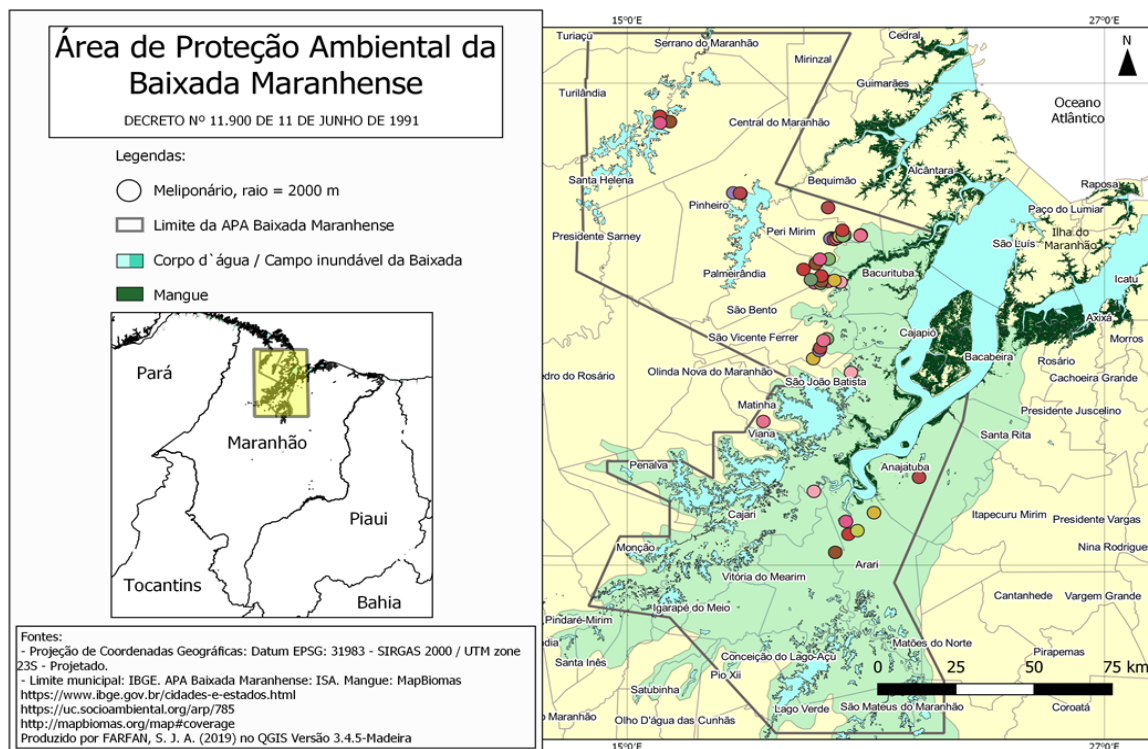


Figura 1. Localização dos 47 meliponários estudados, delimitação dos municípios e da APA da Baixada Maranhense, Norte do Maranhão, 2019.

mm entre janeiro e junho (GOSTINSKI *et al.*, 2018). Os solos provêm das formações geológicas itapecuru e aluviões flúvio-marinhos com baixa fertilidade, estrutura frágil e drenagem limitada determinadas pela movimentação das águas (MOURA, 2002).

O trabalho foi realizado em 14 municípios (Figura 1), as visitas foram feitas a partir de um meliponicultor que indicou os seguintes - amostragem bola de neve (HEAD *et al.*, 2016). Nas sete expedições realizadas entre março de 2018 e março de 2019 encontrou-se 47 meliponicultores com 3.285 colônias em produção, às margens dos campos inundáveis. Estimou-se a existência de 150 meliponicultores na APA, o que indica uma amostra de 31 % desse universo e a validade das extrapolações. Foram realizadas entrevistas semiestruturadas (previamente autorizada no Comitê de Ética), os meliponários foram georreferenciados, realizaram-se medidas sobre o desmatamento utilizando o Quantum GIS

3.4.5-Madeira (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2017), os demais dados foram tratados em planilha para estatística descritiva.

### 3 Resultados e Discussão

Os meliponicultores da APA da Baixada Maranhense são principalmente homens (75 %) com idade média de 56 anos ( $\pm 12,7$  anos). Eles trabalham com a atividade há 16,7 anos ( $\pm 12$  anos) e a maioria (90 %) cria apenas a tíuba. A meliponicultura não é a atividade principal dos entrevistados, 40 % são agricultores, 18 % servidores públicos, 13 % pescadores e mais outras sete profissões. Os meliponicultores aprenderam essa atividade principalmente com parentes e amigos (82 %), em cursos de instituições (11 %) e de forma autodidata (7 %). Eles estão organizados localmente (40 %) e 43 % são líderes locais. Todos iniciaram seus meliponários com enxames locais, multiplicados e/ou resgatados da agricultura itinerante tradicional.

Considerando o raio de voo das tíubas (KERR, 1996) os serviços ecossistêmicos dos 47 meliponários beneficiam potencialmente uma área de 34.900 hectares (com sobreposição), 2 % da área da APA da Baixada Maranhense (Figura 1). A estimativa da produção total de mel nos meliponários visitados é de 3.518 L por ano considerando a produção média declarada de cada meliponicultor. A produtividade média é de 1,24 L por caixa ( $\pm 0,72$  L). Considerando o preço médio do mel praticado localmente (R\$ 40 L<sup>-1</sup>) a atividade gerou uma renda adicional de R\$ 3.432 ( $\pm$  R\$ 3.127) por meliponicultor, o que equivale a uma receita potencial de R\$ 450.000 por ano para os 150 meliponicultores da APA. Soma-se a isso outros subprodutos da tíuba que não foram considerados nessa estimativa.

Todos meliponicultores entrevistados declararam: alto grau de satisfação com a criação de abelhas nativas; a atividade vem sendo herdada e transmitida entre gerações de famílias e; demonstraram ter ciência sobre a influência da meliponicultura na paisagem (floresta, campo inundável, mangue) e vice-versa.



Nas universidades há muitas iniciativas de ensino, pesquisa e extensão sobre abelhas nativas, meliponicultura e linhas de pesquisa afins (KERR, 1996; TENÓRIO *et al.*, 2012). Porém, nos órgãos ambientais estaduais e municipais aparentemente não há entendimento sobre a natureza da atividade já que não existem meliponários cadastrados como previsto nas normativas, que estão inadequadas (Portarias SEMA: nº 75, 3/07/2018; nº 81, 20/09/2017). Além disso, uma ameaça à meliponicultura é a invasão de apicultores migratórios advindos dos estados vizinhos. Desde 2013, circularam 1.712 veículos e 247.053 caixas com *Apis mellifera* no Estado (AGED, 2019). Esse cenário pode escassear os recursos para as tiúbas, seus serviços e a coprodução humana local. Não há desdobramentos concretos além do Decreto de 1991 e do Sítio Ramsar em 2000 para a gestão do bem comum, de fato, ainda não existe um Plano de Manejo nem um Conselho Gestor da APA como previsto no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC (Lei federal nº 9.985/2000).

Com dados de 2017 do Projeto PRODES do INPE (2019) medimos a floresta amazônica remanescente dentro da APA incluindo as áreas de mangue e encontramos apenas 13 % (1.130 km<sup>2</sup>). Na APA da Baixada Maranhense a gestão do bem comum é principalmente individual e comunitária, com pouca mediação governamental, sujeita às pressões locais e externas, o que confirma a luta pela autonomia e controle da base de recursos comuns num ambiente hostil (PLOEG, 2008), por outro lado, os serviços e produtos das tiúbas contribuem com a resiliência à tragédia dos comuns (HARDIN, 1968) diante do grave desmatamento.

#### **4 Conclusões**

A meliponicultura tem importância social, ecológica e econômica na APA da Baixada Maranhense, cooperando com a manutenção do bem comum através da provisão de serviços ecossistêmicos de polinização, fundamental para a conservação e a restauração da biodiversidade amazônica. Apesar de todos os seus benefícios, a atividade recebe pouco apoio governamental e sofre ameaças externas, como a apicultura migratória e o desmatamento ilegal.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IF Sertão-PE), Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PPGA) da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Em especial agradecemos aos meliponicultores(as) que participaram da pesquisa.

## Referências bibliográficas

AGÊNCIA ESTADUAL DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO MARANHÃO – AGED. Comunicação captada em evento. IFMA. São Luís. 2019.

BELOTTI, F.. “Political Participation and Commons: The Case Study of the ‘Water Common Good’ Referendum”. **International Journal of Sociology and Social Policy** 35, nº 9/10, p. 649–65, 2015.

BALÉE, W.. **Cultural forests of the Amazon: a historical ecology of people and their landscapes**. The University of Alabama Press, USA. 1954. (ebook). p. 268. 2013.

CELENTANO, D. *et al.*. Towards zero deforestation and forest restoration in the Amazon region of Maranhão state, Brazil. **Land Use Policy**, v. 68, p. 692-698, 2017.

GOSTINSKI, L. F.; *et al.*. Nicho trófico e partição de fontes polínicas por duas espécies de melipona (hymenoptera, Apidae) na Amazônia Oriental. **Oecologia Australis**, v. 22, p. 449-462, 2018.

HARDIN, G.. The Tragedy of the Commons. *Science*, Vol. 162, Issue 3859, p. 1243-1248, 1968.

HEAD, B. F.; *et al.*. Advertising for Cognitive Interviews: A Comparison of Facebook, Craigslist, and Snowball Recruiting, *Social Science Computer Review*, Volume: 34 issue: 3, p. 360-377, 2016.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Projeto PRODES. <http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>. Acesso em: 04 jun. 2019.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A.. *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e Conservação*. 1. ed. Belo Horizonte: Fundação Acangaú, p 144. 1996.

MARANHÃO (Estado) Decreto nº 11.900 de 11 de junho de 1991. **Diário Oficial do Estado**, 09 de outubro de 1980 – Ano LXXXV – nº 195.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação e Ações Prioritárias para Conservação da Biodiversidade das Zonas Costeira e Marinha**. SBF, 2002, 72 p.

MOURA, E. G.. **Agroambientes de transição: entre o trópico úmido e o semi-árido**. São Luís: UEMA, 2002. 312 p.

PLOEG, J. D. van der. Camponeses e impérios alimentares: lutas por autonomia e sustentabilidade na era da globalização. Trad., Ed. UFRGS, 2008. 376 p.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

SABOURIN, E.. Marcel Mauss: da dádiva à questão da reciprocidade. *Revista Brasileira de Ciências Sociais*, v. 23, p. 131, 2008.

TENÓRIO, E. G.; BARROS, J. R. S. (Org.); PACHECO, C.de C.M. (Org.). **25 anos de pesquisa com abelha tíuba no Maranhão - Homenagem aos 90 anos do Prof. Dr. Warwick Estevam Kerr**. 1. ed. São Luís: EDUEMA, 2012. 166 p.

TOLEDO, V. M.; BARRERA-BASSOLS, N.. A memória biocultural, a importância ecológica das sabedorias tradicionais. São Paulo, Expressão Popular, 2015. 272 p.

---

### Capítulo III

#### **The effect of landscape composition on stingless bee (*Melipona fasciculata*) honey productivity in a wetland ecosystem of Eastern Amazon, Brazil**

---

Artigo submetido para '*Journal of Apicultural Research*' (ID: 216083144), revisado pelos pares e submetido (ID: 216083144.R1) em 10 de fevereiro de 2022.

*A colmeia: nossa história com as abelhas*

*Bee Wilson, 2005*

1 **The effect of landscape composition on stingless bee (*Melipona fasciculata*) honey**  
2 **productivity in a wetland ecosystem of Eastern Amazon, Brazil**

3  
4 Manuscript prepared for the *Journal of Apicultural Research* as an Original Research  
5 Article

6  
7 Word count: 8,487 words (without SM).

8  
9 Silver Jonas Alves Farfan<sup>1,2\*</sup>, Danielle Celentano<sup>1</sup>, Celso Henrique Leite Silva Junior<sup>1,3</sup>,  
10 Marcus Vinicius de Freitas Silveira<sup>3</sup>, Raymony Tayllon Alves Serra<sup>1</sup>, Jhonatan Andres  
11 Munoz Gutierrez<sup>1</sup>, Harryson Corrêa Barros<sup>4</sup>, Monique Hellen Martins Ribeiro<sup>5</sup>, Ortrud  
12 Monika Barth Schatzmayr<sup>6</sup>, Rogério Marcos de Oliveira<sup>7</sup>, Luis Manuel Hernández García<sup>1</sup>,  
13 Guillaume Xavier Rousseau<sup>1,8</sup>

14  
15 <sup>1</sup> Post-Graduate Program in Agroecology, Laboratory of Ecological Restoration  
16 (LARECO), State University of Maranhão (UEMA). Cidade Universitária Paulo VI, Av.  
17 Lourenço Vieira da Silva, nº 1000, Jd. São Cristovão. 65055-310, São Luís/MA, Brazil.

18  
19 <sup>2</sup> Technological Vocational Center (CVT Agroecology), Federal Institute of Sertão  
20 Pernambucano (IFSertãoPE), PE-647, Km 22, PISNC N - 4, Zona Rural, Cx. Postal 277  
21 CEP 56302-970, Petrolina/PE, Brazil.

22  
23 <sup>3</sup> Post-Graduate Program in Remote Sensing, Tropical Ecosystem and Environmental  
24 Science Laboratory (TREES), National Institute for Space Research / Instituto Nacional de  
25 Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja, 12227-010,  
26 São José dos Campos/SP, Brazil.

27  
28 <sup>4</sup> Laboratory for the Study of Bees (LEA), Federal University of Maranhão (UFMA). Av.  
29 dos Portugueses, nº 1966 - Vila Bacanga, 65080-805, São Luís /MA, Brazil.

30  
31 <sup>5</sup> State University of Maranhão (UEMA), Campus of Lago da Pedra, Lago da Pedra/MA,  
32 Brazil.

33  
34 <sup>6</sup> Laboratory for Viral Morphogenesis and Morphology of the Oswaldo Cruz Institute,  
35 Fiocruz. Oswaldo Cruz Foundation, Instituto Oswaldo Cruz. Avenida Brasil, nº 4365,  
36 Manguinhos, 21040-900 - Rio de Janeiro/ RJ, Brazil.

37  
38 <sup>7</sup> Federal Institute for Education, Science and Technology of Bahia (IFBAIANO). Rua da  
39 Gratidão, nº 232, Piatã. 41650-195-Salvador/BA, Brazil.

40  
41 <sup>8</sup> Network for Biodiversity and Biotechnology of Legal Amazon (Bionorte). State  
42 University of Maranhão. Cidade Universitária Paulo VI, Av. Lourenço Vieira da Silva, nº  
43 1000, Jd. São Cristovão. 65055-310, São Luís/MA. Brazil.

44  
45 \* Correspondent author (silverjonasf@gmail.com)

46 **Abstract**

47 Humanity depends on the processes and resources of natural ecosystems, such as natural  
48 grassland fields and forests. These ecosystems depend on pollinators, especially bees, to  
49 ensure crossbreeding and plant productivity. Faced with deforestation and the fragmentation  
50 of forest remnants, meliponiculture plays an important role in biodiversity conservation,  
51 ecological restoration and generating income for family farmers. Little is known about the  
52 effect of landscape on the productivity of native tiúba bees (*Melipona fasciculata*) in the  
53 Baixada Maranhense Environmental Protection Area (APA) in the Brazilian Amazon. This  
54 study aimed to evaluate the landscape effect on *M. fasciculata* honey productivity in APA.  
55 We selected 34 stingless beekeepers, mapped and classified landscapes within a 2,000 m  
56 radius around the meliponaries, measured honey productivity, and identified the pollen types  
57 in each meliponary. We analyzed productivity as a function of mapping the landscape and  
58 associated beekeeping. Our results have found that honeys from forest landscapes have  
59 greater richness and abundance of species, indicating more pollination services in these  
60 landscapes, but have lower productivity. The highest honey productivity occurs in  
61 landscapes with a greater percentage of natural grassland field and a composition dominated  
62 by shrubs. Melissopalynology and geographical information from landscape mapping  
63 provide a precise ecological dimensioning of *M. fasciculata* honey productivity in the APA,  
64 which can guide conservation, management and restoration actions in this region, and  
65 enhance the recognition of environmental services provided by stingless beekeepers.

---

66 **Key words:** Meliponiculture, melissopalynology, mapping, forest, natural grassland field

67

## 68 1 INTRODUCTION

69 In the Brazilian state of Maranhão, 75 % of the Amazon Biome has already been  
70 deforested to provide space for the expansion of large-scale agriculture and cattle ranching  
71 (Celentano et al., 2017), which compromises the provision of essential ecosystem services  
72 such as pollination due to reduced habitats and pollinators (Pioker-Hara et al., 2014).  
73 Furthermore, among the Brazilian states, Maranhão is considered one of the poorest and  
74 most vulnerable to climate change disasters (Almeida et al., 2016). Thus, the establishment  
75 of state policies become crucial for forest conservation and restoration (Celentano et al.,  
76 2017), as well as the promotion of low-impact economic activities that value  
77 sociobiodiversity, such as the raising of native bees (Ribeiro et al., 2019).

78 Deforestation reduces the abundance and richness of pollinators, leading to reduced  
79 gene flow and putting the entire plant community at risk, especially allogamous plants that  
80 depend on pollinators to maintain heterozygosity (Sujii et al., 2021). This compromises the  
81 maintenance of ecosystems, especially their ability to adapt to landscape and climate changes  
82 (Waddell et al., 2020).

83 In Brazil, the native bees represent 40 % of pollinators (Kerr et al., 2001) while  
84 environmental degradation alters their nesting, foraging and pollination behavior (Roubik,  
85 2006). The bees are disappearing from natural landscapes due to the loss and fragmentation  
86 of habitats, to the expansion of large-scale agriculture and to the indiscriminate use of  
87 pesticides (Myerscough et al., 2017). This trend has drastic ecological, social and economic  
88 impacts, given that the productivity of cultivated plants also depends on pollinators  
89 (Brançalion et al., 2016).

90 In Maranhão the native stingless bee ‘tiuba’ (*Melipona fasciculata* Smith, 1854) is  
91 traditionally the principal bee raised in an Environmental Protection Area (APA from  
92 Portuguese *Área de Proteção Ambiental*) of the *Baixada Maranhense*, in the Amazon  
93 Biome, and has economic importance in the generation of income by family farmers  
94 (Venturieri et al., 2018). This bee prefers diversified sources of nectar and pollen from native  
95 species available at the landscape level (Sponsler and Johnson, 2015). The greater variety of  
96 flavors, colors and aromas found in the honey from the native bees is a function of the high  
97 diversity of the plants they visit (Roubik, 2006), which gives that honey high medicinal and  
98 culinary value (de Oliveira Alves, 2013).

99 These honeys contain higher content of water, sucrose and minerals than those of  
100 *Apis mellifera* L., while the ash content and colors vary as a function of the botanical origin

101 (González-Miret et al., 2005). The floral origin of honey can be estimated using  
102 melissopalynology, which reveals the richness of plants visited during the production period,  
103 in addition to providing important information about plant diversity in the landscape  
104 (Fernandes et al., 2020).

105 The raising of native bees (meliponiculture), conservation and restoration of  
106 landscapes are synergistic processes (win-win); just as bees benefit from the amount and  
107 diversity of pollen in the landscape, the landscape benefits from the pollination process  
108 (Härtel and Steffan-Dewenter, 2014). However, the mechanism behind this interaction and  
109 the effect of the landscape on honey productivity have remained poorly elucidated (Sponsler  
110 and Johnson, 2015). Understanding the role of meliponiculture in maintaining this process,  
111 and knowing these relationships are fundamental for encouraging policies and incentives for  
112 sustainable productive activities.

113 The diversified context of the APA – with landscapes formed by agroecosystems of  
114 small properties, forest remnants, areas in natural regeneration, floodplains and natural  
115 grassland fields – configures a natural laboratory for studying the relationship between  
116 landscape and honey productivity. We tested the hypothesis that *M. fasciculata* honey  
117 productivity responds positively to old growth forest cover. In this context, our objective  
118 was to identify how honey production varies as a function of different landscape  
119 configurations. For this: 1) we measured the productivity of *M. fasciculata* honey; 2) we  
120 mapped land use and land cover (LULC) in landscapes of meliponaries; 3) we identified the  
121 pollen types in the honey samples; and 4) we modeled productivity as a function of  
122 landscapes and floral origin.

123

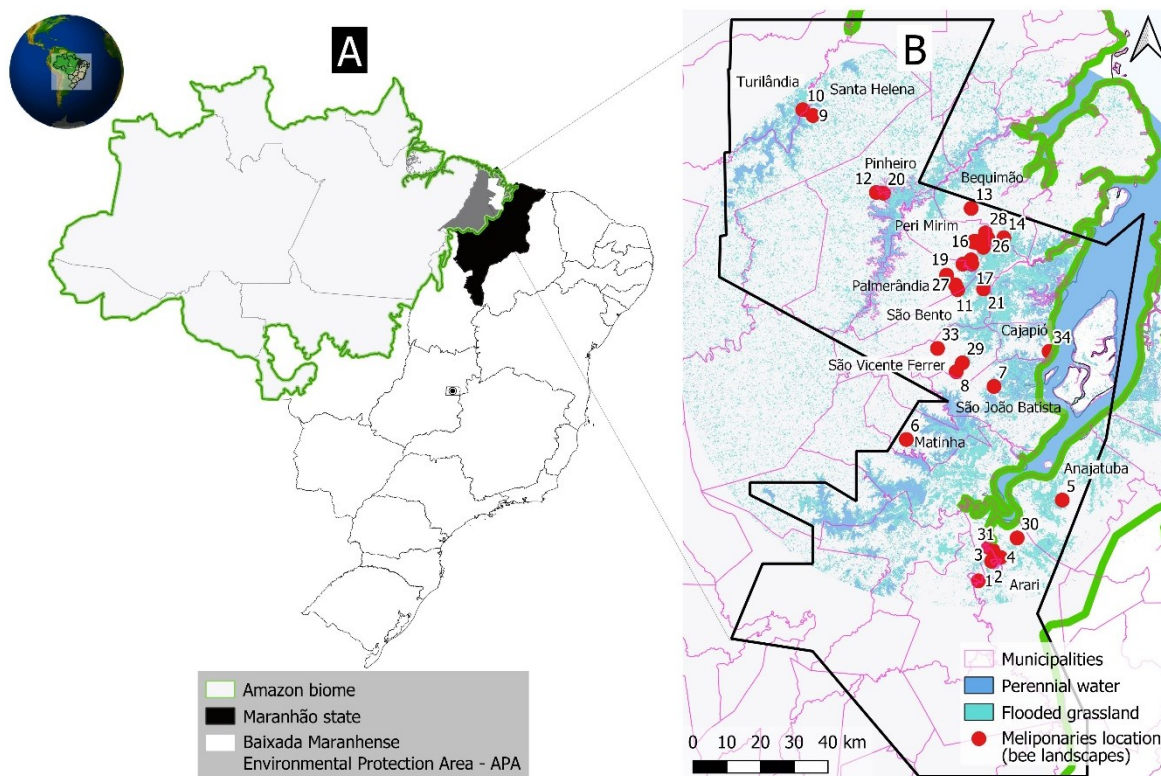
## 124 **2 METHODOLOGY**

### 125 **2.1 Study area**

126 The study was carried out between the years 2017 and 2021 in 13 municipalities of  
127 an Environmental Protection Area (APA) in the state of Maranhão, Brazil: Anajatuba, Arari,  
128 Matinha, Cajapió, São João Batista, São Vicente Ferrer, São Bento, Palmerândia, Peri  
129 Mirim, Bequimão, Pinheiro, Santa Helena and Turilândia (Figure 1A). This APA is a  
130 sustainable use conservation unit created in 1991 and designated as Sítio Ramsar in 2000  
131 (site number: 1,020), which contains 17,750 km<sup>2</sup> (Figure 1B). The estimated population is  
132 387 thousand inhabitants; the economy is based on the extraction of babassu (*Attalea*  
133 *speciosa*), artisanal fishing and family farming (Ramsar, 2000). The study area is located in



134 the Amazon Biome with palm vegetation, the location of the largest lacustrine complex in  
 135 the Northeast, floodplains and a part of the mangrove belt. According to the Koppen climate  
 136 classification, the climate is tropical including Am, Aw and As, with an average temperature  
 137 of 25 °C and annual rainfall between 1,600 and 2,000 mm, concentrated mainly between  
 138 January and June (Alvares et al., 2013). The soils come from alluvial fluvial-marine  
 139 geological formations with low natural fertility, fragile structure and limited drainage  
 140 (Martin et al., 1980).



141 Figure 1. (a) Location of the study area in the Baixada Maranhense Environmental Protected Area  
 142 (APA), Maranhão state, eastern Amazon, Brazil, and (b) the 34 sampling units (bee landscapes)  
 143 enumerated (id) in the APA.

144

## 145 2.2 Experimental design

146 Thirty-four *M. fasciculata* beekeepers were selected to participate in this research  
 147 through the 'snowball' sampling methodology (Albuquerque et al., 2014) where visits to the  
 148 beekeepers residences were initiated by a key informant who indicated other beekeepers, a  
 149 process that was reiterated until the sampling size was achieved. From the group of 47  
 150 beekeepers visited, we excluded those with less than 12 boxes of bees or with productivity  
 151 lower than 260 mL $\cdot$ year<sup>-1</sup>. We included beekeepers who used standardized or rustic-type  
 152 boxes (without standard measures), beekeepers in urban, peri-urban and rural locations, and  
 153 excluded those who raised bees in hollow tree trunks.

154 The research was authorized by the environmental agency of the state of Maranhão  
 155 (Sema A08/2019) and by the appropriate federal agency (Sisbio 68238/2019). All selected  
 156 beekeepers agreed to participate in the research and signed an informed consent form, which  
 157 was registered with the research ethics committee (CAAE: 84113418.3.0000.5554/2018) as  
 158 required by law. We carried out semi-structured interviews, which lasted about 30 minutes  
 159 each, to ascertain the social profile of beekeepers and the details of beehive management:  
 160 gender, age, number of years in beekeeping, name and number of beekeepers in the network  
 161 of contacts and number of boxes.

162

### 163 **2.3 Honey productivity**

164 To measure honey productivity ( $ml.bx^{-1}$ ) three bee boxes from each meliponary were  
 165 randomly selected and reserved among those in the production phase – as it was previously  
 166 arranged with each beekeeper. We collected the samples in November 2019, respecting the  
 167 usual harvest schedule, containing the entire annual accumulation of pollen (December 2018  
 168 – November 2019) to account for a broad measure of the set of resource-providing  
 169 melittophilous plants. The sampling methodology allowed to control the temporal and spatial  
 170 variation in the species flowering, whose concentration occurs in the dry season between  
 171 July and December (de Oliveira Alves, 2013). For the harvest, a portable electric vacuum  
 172 suction pump (Aspiramax MA520-60) was employed, according to a hygiene protocol and  
 173 utilizing sterilized containers to avoid contamination between samples and the environment.  
 174 The total honey content of each box harvested was collected and measured, and the  
 175 meliponary yield was estimated as the mean production of the three boxes. We measured the  
 176 internal volume of the three harvested boxes and averaged the volume of the boxes. We  
 177 standardized the productivity value to minimize the effect of the variation in the volume of  
 178 boxes between meliponaries as follows: the average value of productivity ( $\bar{p}$ ) of each  
 179 meliponary ( $ml$ ) was divided by the average internal volume of the boxes from each  
 180 meliponary ( $vol_{bx}$ ) and multiplied by the average volume of the total number of boxes in the  
 181 study ( $16.84cm^3$ ), as described in the following calculation:  $\bar{p} = ml/vol_{bx} \times 16.84$ .

182

### 183 **2.4 Mapping the bee landscape**

184 We considered the landscape of the bee (sampling unit) as the circular area around  
 185 each of the 34 meliponaries within a radius of 2,000 m (an area equivalent to 1,256 hectares).  
 186 The radius was determined based on the flight of the bee *M. fasciculata* (Nunes-Silva et al.,

2020; Borges et al., 2020), controlling the spatial variation of plant flowering in the different  
landscapes. We collected data from 2018 on land use and land cover (LULC) data from the  
mapping carried out by the MapBiomias project (Souza et al., 2020). MapBiomias performs  
the annual classification of the LULC of Brazilian biomes based on satellite images from the  
Landsat satellite, with a spatial resolution of 30 m. We defined 12 classes in the studied  
landscapes: mature forest, secondary vegetation subdivided into three classes (1-15 years,  
16-25 years, 26-33 years) (Silva Junior et al., 2020), water, mangrove, urban area, pasture,  
agriculture, natural grassland field, floodplain and mosaic. The classification 'mosaic'  
includes shifting cultivation, sandy formations, small pastures and villages (Capanema et al.,  
2019). From the LULC classification of each bee landscape, we calculated two metrics for  
each class: area percentage ( $\% = \text{class area} / \text{total area} \times 100$ ) and patch density ( $\text{pd} = \text{number}$   
of patches/area). These metrics were calculated using the landscape metrics package in the  
software R. (Hesselbarth et al., 2019; R Core Team, 2020).

Complementarily, we calculated five landscape entropy measures (joint, marginal,  
conditional, mutual, relative mutual information) (Nowosad and Stepinski, 2019) and  
systematized climate variables with CHIRPS data (annual rainfall, annual rainy days, mean  
rainfall per day ) (Katsanos et al., 2016) and geographic metrics (long, long<sup>2</sup>, long<sup>3</sup>, lat,  
lat×long, lat×long<sup>2</sup>, lat<sup>2</sup>, long×lat<sup>2</sup>, lat<sup>3</sup>) (Borcard et al., 2011).

205

## 2.5 Floral origin with Melissopalynology

For the melissopalynological analysis of each of the 34 meliponaries, we took a  
subsample of 15 mL of honey harvested and homogenized from each box separately (see  
item 2.3); this subsample was kept cooled until the moment of preparation of the slides by  
acetolysis (Melhem et al., 2003). One slide was prepared from each box of bees studied, 3  
boxes × 34 meliponaries = 102 slides (102 samples).

The slides were subjected to qualitative and quantitative analysis through microscopy  
to determine the richness of species and the relative frequency of abundance among all  
meliponaries with a minimal count of 500 pollen grains per sample. Although this count with  
a predefined minimum value has as its main objective to determine the participation of  
botanical species in the floral origin, it was adopted herein to estimate the abundance of  
pollen in the samples.

The taxonomic identification of the species was determined according to the  
specialized literature (Carreira et al., 1996; Carreira and Barth, 2003; Albuquerque et al.,

220 2013), and the classification system adopted for the botanical family level was APG IV  
221 (Chase et al., 2016). The same samples were prepared in parallel without acetolysis to  
222 analyze contaminants visible under a microscope (Barth, 2004).

223 We classified each pollen type identified by life form (tree, palm, shrub, herb, vine,  
224 aquatic herb), floral resource (nectar, pollen, unidentified), origin (native to Brazil or exotic),  
225 and preferential habitat (wetland, grassland, forest, savannah, anthropogenic) (“RCPol –  
226 Rede de Catálogos Polínicos Online,” 2020). The origin of honey from each meliponary was  
227 classified as: monofloral (when there is a dominant pollen type with presence of more than  
228 45%) or heterofloral (when there is a set of types with more than 9% presence and the  
229 absence of a dominant type), taking into account only the nectariferous species (Ribeiro et  
230 al., 2019). The set of pollen types with low frequency (less than 9%) was considered in  
231 calculations of richness, relative abundance and modeling.

232

## 233 **2.6 Data analysis**

### 234 **2.6.1 Preparation of matrices**

235 To evaluate the effect of landscape and floral origin on honey productivity, we set up  
236 six data matrices. A: LULC, subdivided into A1: percentage of coverage of classes (%), A2:  
237 density of patches by class (pd), B: profile and management of the beekeepers, C: richness  
238 and abundance of pollen types by meliponary, D: counts of botanical species, E: life form of  
239 species identified by meliponary (richness and abundance), F: entropy, climate and  
240 geographic metrics.

241 The honey productivity values had an asymmetric distribution and were transformed  
242 with the natural logarithmic function before the linear regression calculation to obtain  
243 normalization of the residuals and homogeneity of the variance of the models used.

244 All mapping data (LULC) were tested for normality and heteroscedasticity with the  
245 Shapiro-Wilk and Breusch-Pagan tests. The mapping variables did not have multinormality  
246 (Mardia’s test  $p < 0.05$ ) and 35.7% of the variables have more than 50% of zeros; thus, no  
247 transformations were performed, only the standardization of each variable in z values (each  
248 original value was subtracted from the mean and divided by the standard deviation of the  
249 respective variable) (Borcard et al., 2011). We evaluated the variance and the number of  
250 zeros, and eliminated the very rare variables and those with a variance close to zero  
251 (Marchant, 2002): mangrove(%), agriculture(%), mangrove(pd), mature forest(pd),  
252 urban(pd), agriculture(pd), mosaic(pd), floodplain(pd) and; multicollinearity: secondary

253 vegetation 26-33 years(%). Thus, 15 landscape variables remained, nine of which were  
254 measures of area percentage (A1: secondary vegetation 1-15 years, secondary vegetation 16-  
255 25 years, mature forest, permanent water, urban area, pasture, mosaic, natural grassland  
256 field, floodplain) and six measures of patch density (A2: secondary vegetation 1-15 years,  
257 secondary vegetation 16-25 years, mature forest, permanent water, pasture, natural grassland  
258 field).

259

### 260 **2.6.2 Modeling the effects of landscapes on productivity**

261 To model the landscape effect (LULC) on honey productivity, we applied a  
262 redundancy analysis (RDA) using matrices A1 and A2 as explanatory variables for honey  
263 productivity and profile and management variables (matrix B) as covariates to remove their  
264 effects (Borcard et al., 2011; Jaffé et al., 2015). RDA is a multivariate analysis method that  
265 consists of performing a multiple linear regression between the explanatory variables of an  
266 X matrix with each response variable of a Y matrix and then performing a Principal  
267 Component Analysis (PCA) on the adjusted values of the Y matrix (Borcard et al., 2011).  
268 The analysis was performed by the package Vegan v.2.5-7 (Oksanen et al., 2020). We made  
269 a direct selection of variables using the Ordistep function from the Vegan package with each  
270 of the matrices A1 and A2 separately as explanatory variables and grouped to obtain the best  
271 final model (Borcard et al., 2011). To control the collinearity between the variables in the  
272 final model, we ensured that all selected variables had a variance inflation factor (VIF) below  
273 10 and, at the end, we partitioned the variation of A1 and A2 (Borcard et al., 2011).

274 Furthermore, we performed a multiple linear regression with the same variables as  
275 the final RDA model to evaluate the linear coefficients of each variable and to verify whether  
276 the linear regression assumptions (normality of the distribution and constant variance of the  
277 residuals) had been achieved, with the packages Stats v.4.0.5 and lmttest v.0.9-38. The  
278 transformations and modeling were performed with functions from the package Vegan and  
279 Stats (Oksanen et al., 2020). The same script was performed with the F matrix, but the  
280 models were not significant ( $p > 0.05$ ) and the results will not be presented.

281 We organized the set of landscapes according to the honey productivity gradient,  
282 indicating the high and low honey productivity meliponaries according to the categories: low  
283 (up to the first quartile), medium (between the first and third quartiles) and high (above the  
284 third quartile) to obtain a visual description of the effects of landscape variables.

285

### 286 **2.6.3 Modeling the effects of floral origin on productivity**

287 We analyzed honey productivity as a function of pollen analysis variables. The  
 288 relationship between productivity and, richness and abundance (matrix C) was determined  
 289 through independent linear regressions. For the counts of identified botanical species (matrix  
 290 D), we applied the Hellinger transformation that is recommended for abundance data  
 291 (Borcard et al., 2011) and the relationship with productivity followed the same steps  
 292 described for the mapping analysis to obtain a final independent model, whereas a second  
 293 model was obtained by repeating the analysis after omitting some species selected in the first  
 294 because they were very rare (Marchant, 2002). The relationship between productivity and  
 295 life forms (matrix E) followed the same steps as the multivariate analysis; and with the  
 296 selected variables, we calculated independent linear regressions, since there was no  
 297 significant multiple model ( $p > 0.05$ ).

298

## 299 **3 RESULTS**

### 300 **3.1 Profile of beekeepers and honey productivity**

301 In the Baixada Maranhense APA, the meliponaries were established mainly in the  
 302 rural area (76.5%) and to a lesser extent in the urban area (23.5%). The backyard of the  
 303 houses was the preferred place in 88% of the cases. Those responsible for this activity were  
 304 mostly men (75%) with an average age of 56 years ( $\pm 13.24$ ), working in this activity for  
 305 18.3 years ( $\pm 14$ ). The size of their contact network varied from 1 to 40 people ( $18.3 \pm 11.1$ ),  
 306 and allowed us to estimate the existence of 150 *Melipona* beekeepers in the APA, which  
 307 means that the 34 sampled represent 23% of the universe. Respondents had between 12 and  
 308 320 tiuba bee boxes ( $79 \pm 73$ ), boxes whose internal volume varied from 10 to 25cm<sup>3</sup> ( $16.8$   
 309  $\pm 3.6$ ). Meliponiculture was not the main activity of the interviewees, but rather was part of  
 310 the family's set of activities. The honey productivity in meliponaries ranged from 260.0 to  
 311 4,794.8mL.bx<sup>-1</sup> ( $1.302 \pm 928.7$ ); the low productivity category ranged from 260.0 to  
 312 513.8mL.bx<sup>-1</sup> and high from 1,788.4 to 4,794.8mL.bx<sup>-1</sup>.

313

### 314 **3.2 Bee landscape**

315 The following classes occurred in all 34 landscapes: secondary vegetation 26 to 33  
 316 years old which is the most representative class with a cover gradient ranging from 2.4 to  
 317 72% ( $34.8 \pm 19.6$ ); secondary vegetation varying from 16 to 25 years, ranging from 3.6 to  
 318 32.2% ( $15.5 \pm 6.2$ ); secondary vegetation between 1 to 15 years ranging from 0.4 to 9% (2.3

319  $\pm 2.1$ ); floodplain ranging from 1.3 to 52.4% ( $14.6 \pm 14.0$ ) and permanent water from 0.1 to  
320 31.6% ( $8.1 \pm 8.3$ ). Other important classes were: pasture that occurred in 29 landscapes  
321 ranging from 0 to 50% ( $10.8 \pm 11.9$ ); natural grassland field occurring in 27 landscapes and  
322 ranging from 0 to 41.7% ( $7.2 \pm 11.5$ ); mosaic found in 29 landscapes ranging from 0 to 9%  
323 ( $2.0 \pm 2.6$ ) and mature forest occurring in 10 landscapes and varying from 0 to 10% ( $0.5 \pm$   
324 1.8).

325

### 326 **3.3 Landscape effects on honey productivity**

327 When the LULC variables were modeled separately (matrices A1 and A2), the  
328 percentage of classes ( $R^2 = 0.36$ ,  $p = 0.036$ ) and the patch density ( $R^2 = 0.08$ ,  $p = 0.050$ )  
329 resulted in lower explanatory values than when considering the 15 variables together ( $R^2 =$   
330  $0.63$ ,  $p = 0.001$ ) (Table 1). The profile and management covariates were significant, after  
331 discounting their effects; the landscape explained almost half of the variance of honey  
332 production in the final additive model ( $R^2 = 0.44$ ,  $p = 0.001$ ); six variables were selected:  
333 three with a positive effect (% natural grassland field, % permanent water and natural  
334 grassland field patch density) and three with a negative effect (% mosaic; % mature forest  
335 and pasture patch density). The construction of the multiple linear model with the same  
336 variables selected in the RDA revealed a significant model ( $p < 0.0001$ ) that fulfills the  
337 assumptions of the regression. When partitioned, the variances of the final additive model,  
338 matrix A1 and matrix A2, have respective explanatory powers of 0.561 ( $p < 0.0001$ ) and  
339 0.245 ( $p < 0.0001$ ) with no interaction effect between them. In general, the RDA and multiple  
340 linear regression coefficients are coherent (Table 2).

341 The landscape variables selected in the modeling and their effect on productivity can  
342 be visualized when organized according to the productivity gradient, using the categories of  
343 meliponaries with low and high honey productivity (Figure 2). In line with the modeling,  
344 there is a greater predominance of native field coverage and density of native field patches  
345 in the landscapes among meliponaries with high productivity (at the top of the figure), as  
346 well as the permanent water class. The higher frequency of landscapes with low productivity  
347 meliponaries (at the bottom of the figure) contain higher forest cover and greater presence  
348 of mosaic and pasture patches.

349 Table 1. Redundancy analysis (RDA) sequence to test landscape effects (Land use and Land Cover) on *Melipona fasciculata* honey productivity (Y) in the  
350 Baixada Maranhense Environmental Protected Area (APA), Maranhão state, eastern Amazon, Brazil, in 2019.

Step	LULC	Model <sup>‡</sup>	p	R <sup>2</sup> adj.
Original independent models	A1 (%)	Y ~ sf15+sf25+old forest+water+urban+pasture+mosaic+natural grassland+floodplain	0.002	0.36
	A2 (pd)	Y ~ sf15pd+sf25pd+sf33pd+waterpd+pasture pd+ natural grassland pd	0.050	0.08
	A1 (%) + A2 (pd)	Y ~ sf15+sf25+old forest+water+urban+pasture+mosaic+ natural grassland + floodplain + Sf15pd+ sf25pd+sf33pd+waterpd+pasturepd+ natural grassland pd	0.001	<b>0.63</b>
Covariable - management		Y ~ age+b-time+network+n-box+vol	0.047	0.17
Additive model	All	Y ~ A1 (%) + A2 (pd) – management (network+n-box)		
Final additive model		<b>Y ~ native grassland(%) + water(%) + native grassland(pd) + mosaic(%) + old forest(%) + pasture(pd)</b>	0.001	<b>0.44</b>

351 <sup>‡</sup>sf15 is secondary forest 1-15 year(%); sf25 is secondary forest 16-25 year(%); sf33 is secondary forest 26-33 year(%); old forest is old-growth forest(%); water  
352 is perennial water(%); urban is urban area; pasture is pasture; mosaic is shifting agriculture; sandy formations; small pastures and villages; natural grassland is  
353 natural grassland fields; floodplain is flooded grassland; pd is density patches; age is age of beekeeper; b-time is time that raises bees; network is size of the  
354 network; n-box is number of beehives; vol is average volume of boxes; R<sup>2</sup> adj. is r square adjusted; p is significance level.

356 Table 2. Analysis of variance of the final additive model to test on *Melipona fasciculata* honey productivity, in the Baixada Maranhense Environmental Protected  
357 Area (APA), Maranhão state, eastern Amazon, Brazil, in 2019.

explanatory variable: landscape / covariable: management <sup>‡</sup>	Df	F	p	score rda	coef lm
natural grassland (%)	1	29.12	0.001	0.690	0.494
perennial water (%)	1	9.033	0.005	0.380	0.230
native grassland (pd)	1	5.460	0.027	0.358	0.233
mosaic (%)	1	4.172	0.050	-0.388	-0.195
old-growth forest (%)	1	7.460	0.010	-0.355	-0.240
pasture (pd)	1	8.532	0.006	-0.244	0.556
residual	27				
network	1	4.499	0.042	0.724	0.245
n-box	1	4.575	0.046	-0.710	-0.239
residual	31				

369 <sup>‡</sup>network is size of the network, n-box is number of beehives. pd is density of patches, df is degrees of freedom, F is Fischer test, score rda is biplot scores for  
370 constraining variables, coef lm is multiple linear regression coefficients; p is significance level.



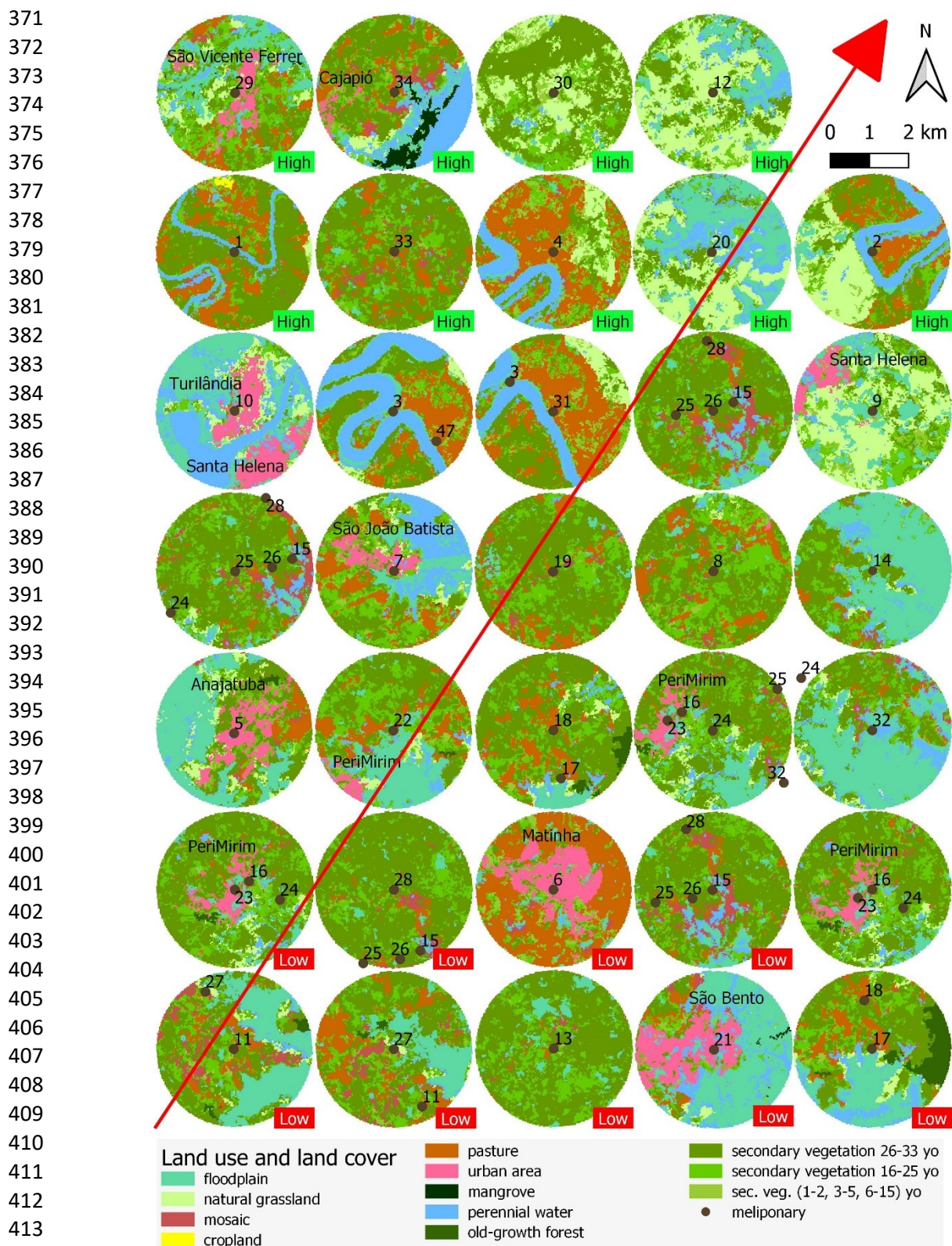


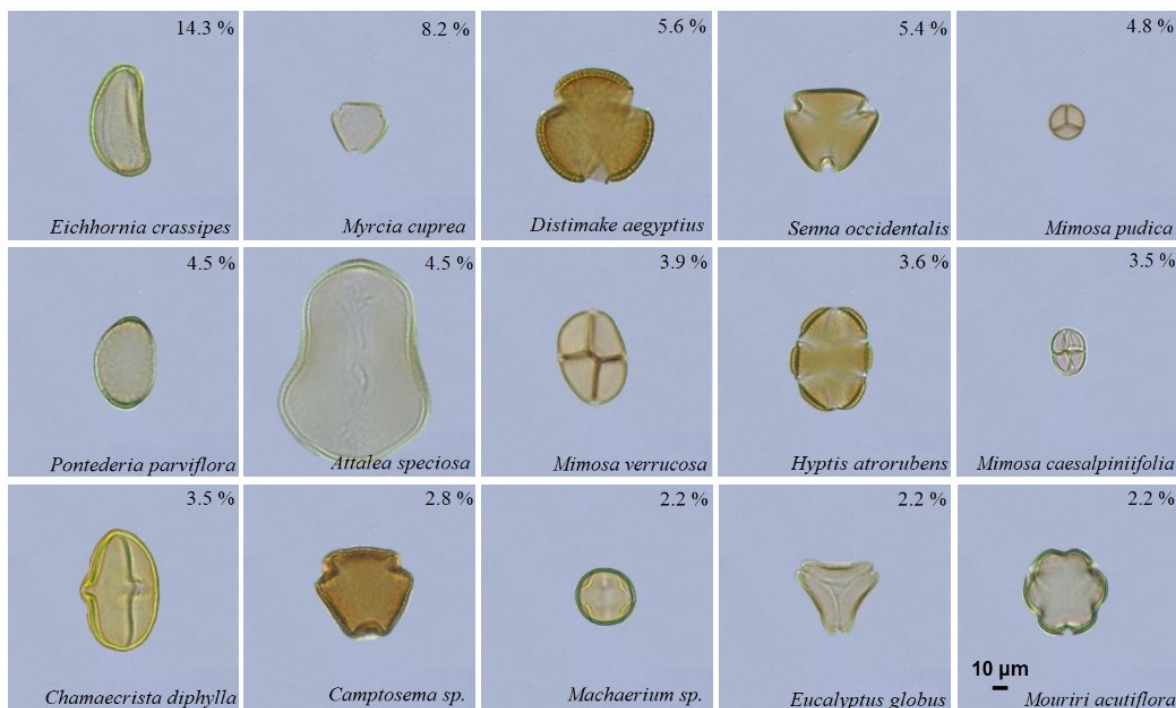
Figure 2. Composition of the bee landscape (*Melipona fasciculata*) in 34 meliponary arranged in a productivity gradient, sampling unit (id) refer to the meliponary in the center of the bee landscape, indication of low and high honey productivity, cities (urban area) are identified, in APA of Baixada Maranhense, state of Maranhão, Brazil, in 2018.

### 418 3.4 Floral origin of honey

419 The pollen present in the analyzed honeys was classified into 77 pollen types  
420 belonging to 23 botanical families, of which 50 were identified at the species level, 26 at the  
421 genus level and one only to the family level (see Table 4 in SM), with the majority of plants  
422 (84.2%) being native, 28.5% arboreal, 28.5% shrubs, 15.6% herbaceous, 14.2% vines,  
423 0.05% palms and 0.03% aquatic plants. As for the floral origin, 19 honey samples were  
424 classified as heterofloral and 15 as monofloral. Cultivated plants (*Eucalyptus globulus*  
425 Labill, *Psidium guajava* L.) were representative in honey samples from three sites only (6,  
426 19, and 33), in the other honey samples (93.1%) the floral origin is composed of native plants  
427 (details in Table 5 in SM).

428 The floral origin of honeys from 29 meliponaries (83%) is explained by 15 plant  
429 species with greater relative abundance (Figure 3), they are: *Eichhornia crassipes* Mart.  
430 (Solms), *Myrcia cuprea* (O. Berg) Kiaersk., *Senna occidentalis* (L.) Link, *Distimake*  
431 *aegyptius* (L.) A.R. Simões & Staples, *Mimosa pudica* L., *Pontederia parviflora* Alexander,  
432 *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng, *Mimosa verrucosa* Benth, *Mimosa caesalpinifolia* Benth,  
433 *Hyptis atrorubens* Poit, *Chamaecrista diphylla* (L.) Greene, *Machaerium* sp., *Camptosema*  
434 sp., *Eucalyptus globulus* Labill. and *Mouriri acutiflora* Naudin. The description of these  
435 plants and their frequencies in the 34 landscapes studied are displayed in Table 6 (SM).

436



437 Figure 3. Microphotographs (40x objective; 10 micrometer scale) of the fifteen main pollens,  
 438 in relative abundance, observed in the pollen slide of honey samples from the bee *Melipona*  
 439 *fasciculata* of meliponaries of 13 municipalities of the Baixada Maranhense APA, in eastern  
 440 Brazilian Amazon. 2019.

441

442 The identification and counting of contaminants in honeys, performed in samples  
 443 without acetolysis, detected the absence of contaminants or foreign elements, and the  
 444 presence of common elements with the following frequency in the set of 34 honeys:  
 445 vegetable tissue (53.8%), yeast (23%), Bryophyte spore (9.6%), insect organ: paw or antenna  
 446 (3.8%) plant part: root (3.8%), monolet fern spore (2%), algae (2%) and Lycophyte (2%).

447

### 448 3.5 Relationships between floral origin and honey productivity

449 The mean richness of species registered in the slide of honeys from the meliponaries  
 450 was 17.4 ( $\pm$  3.5) species, varying from 11 to 26 species while the average abundance of  
 451 grains counted by honeys was 774 ( $\pm$  161.5) grains and ranged from 421 to 1,223 grains.  
 452 Honey productivity had a negative relationship with species richness ( $r = -0.36$  Pearson,  $p$   
 453  $= 0.032$ ) and with pollen abundance ( $r = -0.39$  Pearson,  $p = 0.019$ ).

454 Honey productivity was positively correlated with shrub richness ( $r = 0.37$  Pearson,  
 455  $R^2 = 0.11$ ,  $p = 0.029$ ) and negatively correlated with palm abundance (Kendall' tau = -0.33,  
 456  $R^2 = 0.18$ ,  $p = 0.008$ ) present in bees' landscapes (see Table 3). There was no relationship  
 457 between tree species and productivity.

458 In the modeling of productivity as a function of botanical species, eight species that  
 459 account for honey productivity ( $R^2 = 0.86$ ;  $p < 0.0001$ ) were selected in model '1'. However,  
 460 among the eight species, *Cenostigma bracteosum* (Tul.) Gagnon & G.P.Lewis is rare and  
 461 only occurred in one sample from the meliponary with the greatest productivity (id = 12)  
 462 with two grains, whereas *Ipomoea carnea* Jacq. only occurred in two meliponaries (id: 2 and  
 463 23), with three grains in each. In model '2' we omitted *C. bracteosum* and *I. carnea* and the  
 464 modeling selected three species (one different from model 1: *Mimosa caesalpinifolia*  
 465 Benth), which account for more than half of the variance of honey productivity ( $R^2 = 0.54$ ;  
 466  $p < 0.0001$ ).

467 The species set (considering models 1 and 2) contained nine native botanical species  
 468 grouped into six families (Table 3). The main botanical family is Fabaceae (44.4%). The life  
 469 forms of this species set were: shrubs (44.4%), trees (33.3%), palms (11.1%), and herbs  
 470 (11.1%). As to the floral resources of these species for the bees, all were nectariferous and  
 471 polliniferous species; two were highly polliniferous.

472

473 Table 3. Coefficients of independent model obtained with RDA and multiple linear model of honey  
 474 yield (Y) of *Melipona fasciculata* as a function of 77 species, obtained by melissopalynology in  
 475 eastern Brazilian Amazon, Brazil. Model 2 omitted rare species.

Yield	explanatory variables: botanical species <sup>‡</sup>	family	score rda / coef lm	
			model 1	model 2
	<i>Cenostigma bracteosum</i> Tul., N/P, shrub, savanna	Fabaceae	0.394 / 7.159	omitted
	<i>Tibouchina aspera</i> Aubl., N/P, tree, savanna	Melastomataceae	0.388 / 0.478	0.506 / 0.004
	<i>Ipomoea carnea</i> Jacq., N/P, shrub, anthropic	Convolvulaceae	0.258 / 3.791	omitted
Y ~	<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth, N/P, herb, wetland	Fabaceae	-0.621 / -1.111	-0.723 / -0.023
	<i>Anacardium occidentale</i> L., N/P, tree, savanna	Anacardiaceae	-0.507 / -2.635	-
	<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng, N/P*, palm, anthropic	Arecaceae	-0.423 / -1.063	-
	<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq., N/P, shrub, wetland	Rubiaceae	-0.149 / -2.547	-
	<i>Plathymenia sp.</i> , N/P, tree, savanna	Fabaceae	-0.003 / -1.334	-
	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth, N/P*, shrub, savanna	Fabaceae	-	0.245 / 0.009
		<b>R<sup>2</sup> adj.</b>	<b>0.86</b>	<b>0.54</b>
		<b>p</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>

476 <sup>‡</sup> Botanical species; resources for bees (N - nectariferous, P - polliniferous, P\* - too much pollen);  
 477 life form; habitat; R<sup>2</sup> adj. is r square adjusted; p is significance level, score rda is biplot scores for  
 478 constraining variables, coef lm is multiple linear regression coefficients.

479

#### 480 4 Discussion

481 The Amazon is the largest and most biodiverse Brazilian biome, but has the lowest  
 482 number of laws and public policies related to pollinators (Hipólito et al., 2021), while in  
 483 recent years deforestation, forest fragmentation and land use change have intensified (Silva  
 484 Junior et al., 2020). Although there are several studies on the effect of landscape on the

485 production of *Apis mellifera* honey (Sponsler and Johnson, 2015; Donkersley, 2019),  
486 detailed studies on the landscapes and productivity of stingless honeybees are scarce (Jaffé  
487 et al., 2015). The Environmental Preservation Area (APA) of Baixada Maranhense is a  
488 natural laboratory for elucidating how the landscape influences the honey productivity of *M.*  
489 *fasciculata*.

490 *M. fasciculata* is a tropical bee, endemic in the north, northeast, and center of Brazil,  
491 in the Amazon and Cerrado biomes (Camargo and Pedro, 2013). It has a life expectancy  
492 varying between 25 and 105 days and starts foraging around 25–33 days after emergence.  
493 Climatic and floristic characteristics of the region determine behavior and foraging activity  
494 (Kerr et al., 1996; Vit et al., 2013; Gostinski et al., 2018). In a study using radio-frequency  
495 identification tags (Oliveira et al., 2021) identified that most of the *M. fasciculata* bees (65%)  
496 drifted to another hive nearby (not necessarily associated with orientation mistakes) and that  
497 factors such as temperature, humidity, and solar irradiation influenced the rates of drifting  
498 behavior and affected foraging activity. Authors also identified that *M. Fasciculata* forages  
499 during the entire day, but prefer the morning (peak activity per colony at 9:00 am). Indeed,  
500 the species is very susceptible to climatic variation and small fluctuations can impact their  
501 lifespan and implicate extranidal activities (Oliveira et al., 2021). In our study, climate  
502 variables were not significant to explain honey productivity, probably because of a small  
503 variation between sites. However, in the context of climate change, it is fundamental to  
504 understand the impact of climatic variables on stingless bee behavior and extranidal activity.

505 Meliponiculture in the APA has a familial character, is conducted by people with  
506 advanced age, many years engaged in the activity and an important network of contacts. The  
507 beekeeper's experience indicated by the network of contacts, the number of boxes and  
508 handling helped to account for the variation in productivity (Jaffé et al., 2015). However, the  
509 honey productivity of the studied meliponaries is low and of greater variability ( $1,302 \pm$   
510  $928.7 \text{ ml} \cdot \text{bx}^{-1}$ ) when compared to the average productivity of 2,430 ml in a similar ecosystem  
511 in the state of Pará (Venturieri et al., 2003).

512 Our analyses revealed that the variation in honey productivity is related to the  
513 configuration of the landscapes around the meliponaries, the floral origin and the profile and  
514 management of the beekeepers. These factors also affect the food and medicinal quality of  
515 honey (de Oliveira Alves, 2013), which will be revealed in future physicochemical and  
516 sensory analyses. The analysis of honey contaminants indicated only natural elements of the  
517 working ecosystem of the bees and the absence of foreign bodies, which validates our

518 samples, the sampling method, and values the APA beekeepers for their management and  
519 hygiene (Barth, 2004).

520

#### 521 **4.1 Landscapes related to greater honey productivity**

522 In the APA, the highest honey productivity is associated with landscapes with greater  
523 coverage of natural grassland fields and permanent water, and with associated species.  
524 However, the identification of the floral origin by melissopalynology indicated that these  
525 honeys have lower richness and abundance of pollen, which suggests an abundant nectar  
526 supply in these landscapes.

527 The natural grassland field is a very old and stable non-forest ecosystem that, in the  
528 geomorphological evolution of the Baixada Maranhense, was formed between 9,000 and  
529 5,000 years ago (Lima et al., 2020). Areas of natural grassland field are similar to areas in  
530 early succession, they are open, have high solar radiation, great richness and abundance of  
531 herbaceous, shrub and grassland species with much flowering (Kohler et al., 2008;  
532 Neumüller et al., 2020), which guarantees a high nectariferous potential and honey  
533 production for *M. fasciculata*. Our results confirm that high honey productivity is positively  
534 related to shrubs and some trees. However, there are very few botanical records on the APA  
535 natural grassland field vegetation (Pinheiro, 2020) to correlate to our data. Therefore, further  
536 research should assess the floristic aspect and phytosociology related to this ecosystem.  
537 Studies on landscape structure indicate that the most efficient pollination and foraging  
538 services occur where there are hedges, alleys, strips or forest corridors interspersed with  
539 open fields, because they facilitate formation of the “cognitive map”, communication and  
540 social flight guidance of the bees due to the three-dimensional structure of the landscape, as  
541 opposed to the absence of these structures (Donkersley, 2019; Kheradmand and Nieh, 2019).

542 The positive effect of permanent water is due on the one hand to the water essential  
543 resource, which ensures greater productivity of local ecosystems, as well as the presence of  
544 nectariferous aquatic plants, especially *Eichhornia crassipes*, the most abundant species in  
545 the set of analyses and the primary one in 30% of the analyzed honeys (Table 5 in SM). Also,  
546 the availability of permanent water in the Amazonian dry period favors honey productivity  
547 (de Oliveira Alves, 2013).

548

549

550

## 551 **4.2 Landscapes related to lower honey productivity**

552 The lower honey productivity in the APA is associated with landscapes possessing  
553 greater coverage of mature forest, pastures and mosaic. Although these landscape classes  
554 have a negative effect on honey productivity, which leads us to reject our original hypothesis,  
555 these honeys contain greater abundance and richness of pollen, with up to 26 species. These  
556 data suggest a higher frequency of pollen foraging and a greater contribution of these  
557 meliponaries in ecosystem services of pollination and maintenance of gene flows, especially  
558 in fragmented forest areas, compensating for the restriction of seed dispersal due to distance  
559 (Sujii et al., 2021). Furthermore, in mature tropical forests present the possibility of complex  
560 and diversified webs and greater competition for resources with other species of native bees  
561 (Vit et al., 2013).

562 The negative relationship with pastures and mosaic, land cover that includes shifting  
563 agriculture and small pastures (Capanema et al., 2019), is most likely related to the dynamics  
564 of fire use in the landscape (Junior et al., 2016; Peralta et al., 2017), where culturally fire is  
565 used for pasture clearing and slash-and-burn practice (Júnior et al., 2008). The fire and  
566 smoke from forest fires trigger signals proportional to the size of the danger to the hive that  
567 is transmitted among bees; in the short term they interfere with the olfactory sense in general  
568 and in the long term hamper foraging and harm the plant-bee relationship (Cho et al., 2021).

569 The botanical species with the greatest negative effect on honey productivity is  
570 *Attalea speciosa* (babassu), a highly polliniferous palm, typical of the palm forest, and very  
571 abundant in anthropized environments. *A. speciosa* is not a good supplier of nectar, but it is  
572 home to wild *M. fasciculata* nests and other native insects (Anderson et al., 1988). Babassu  
573 has high social and economic importance in the region led by women babassu palm breakers,  
574 the largest traditional forest products extractive group in Brazil (Porro et al., 2011).

575

## 576 **4.3 Relations between floral origin and honey productivity**

577 The diversity of land-use classes and landscape configuration of the APA reveal a  
578 plasticity in the behavior of *M. fasciculata* and may indicate a range of tolerance, or an effort  
579 to adapt to forest fragmentation (Lichtenberg et al., 2017). The richness of botanical species  
580 identified in this study highlights the strong local adaptation of this bee species, which  
581 depending on the situation may adopt generalist (Ribeiro et al., 2019) or specialist (Antonini  
582 et al., 2006) behavior. The ecological appearance hypothesis (Feeny, 1976) explains that  
583 animal foraging takes place preferentially in the most “apparent” and easy-to-find plants,

584 which can result in a specialization of foraging depending on the abundance and ease of  
585 finding floral resources. In all the studied meliponaries, the sampling methodology  
586 controlled the temporal and spatial foraging frequency variation of different landscapes and  
587 flora compositions as it evaluated the annual accumulation of pollen and nectar in a  
588 determined area - reflecting on honey productivity and floral origin.

589 Our study provides an important dimensioning of pollination ecosystem services  
590 associated with meliponiculture in the APA, and confirms the synergy between this activity,  
591 conservation and restoration of landscapes in this region. We identified a set of 77 botanical  
592 species (84% native) associated with *M. fasciculata*, distributed in landscapes with different  
593 configurations of land use and land cover. In practice, these results indicate a complex  
594 relationship of interdependence between people, hives, waters and ecosystems, where the  
595 benefits of nature for people are multiple, and the families that raise their bees are equally  
596 important for nature (Spangenberg et al., 2014). The work of Melipona beekeepers for the  
597 conservation of biodiversity in the APA must be valued and recognized, as an economic and  
598 sociocultural activity based on local nature, which guarantees ecological management that  
599 is very important for future generations.

600

## 601 **5. Conclusion**

602 Landscape composition has an important effect on the honey productivity of the  
603 stingless bee *Melipona fasciculata* in the APA of Baixada Maranhense, in the Eastern  
604 Amazon. In landscapes with higher percentage and density of natural grassland field patches,  
605 percentage of permanent water and a specific composition of native shrub botanical species  
606 is where there is greater honey productivity, but lower species richness and pollen abundance  
607 in honey. Meliponaries in landscapes with greater mature forest cover present lower honey  
608 productivity, but have honeys with greater richness and abundance of native species,  
609 indicating more pollination ecosystem services in these landscapes.

610

## 611 **6 Acknowledgments**

612

613 The authors are grateful to the Coordination for the Improvement of Higher Education  
614 Personnel (CAPES), to the professors Dr. Márcia Maria Corrêa Rêgo and Patricia Maia  
615 Correia de Albuquerque for having made available the Laboratory of Studies on Bees - LEA,  
616 to Dr. Liana Anderson and Dr. Luiz Aragão from INPE/TREES for access to their team and  
617 suggestions, Diego Sousa Campos and Janderson Rocha Silva for support in spatial analysis,  
618 Nadja Maria Guedes Farfan, Luciana dos Santos Aires and Gilvânia Sousa Pereira for



619 support in the field and laboratory. In particular, the authors thank the stingless beekeepers  
620 from Baixada Maranhense who participated in the survey.

621

## 622 **References**

623 Albuquerque, P.M., Gostinski, L. F., Rego, M.M.C, Carreira, L., 2013. Flores e Abelhas: a  
624 interação da tíuba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) com suas fontes florais na Baixada  
625 Maranhense. EDUFMA, São Luís.

626 Albuquerque, U.P., Cunha, L.V.F.C. da, Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), 2014.  
627 Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology, Springer Protocols  
628 Handbooks. Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>

629 Almeida, L.Q., Welle, T., Birkmann, J., 2016. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal  
630 based on the world risk index. International Journal of Disaster Risk Reduction 17, 251–272.  
631 <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.007>

632 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013.  
633 Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 711–728.  
634 <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

635 Anderson, A.B., Overal, W.L., Henderson, A., 1988. Pollination Ecology of a Forest-  
636 Dominant Palm (*Orbignya phalerata* Mart.) in Northern Brazil. Biotropica 20, 192–205.  
637 <https://doi.org/10.2307/2388234>

638 Antonini, Y., Costa, R.G., Martins, R.P., 2006. Floral preferences of a neotropical stingless  
639 bee, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Apidae: Meliponina) in an urban forest fragment.  
640 Brazilian Journal of Biology 66, 463–471. [https://doi.org/10.1590/S1519-  
641 69842006000300012](https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300012)

642 Barth, O.M., 2004. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys,  
643 propolis and pollen loads of bees. Scientia Agricola 61, 342–350.  
644 <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000300018>

645 Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. Numerical Ecology with R, Use R! Springer-  
646 Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>

647 Borges, R.C., Padovani, K., Imperatriz-Fonseca, V.L., Giannini, T.C., 2020. A dataset of  
648 multi-functional ecological traits of Brazilian bees. Sci Data 7, 120.  
649 <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0461-3>

650 Brancalion, P.H.S., Garcia, L.C., Loyola, R., Rodrigues, R.R., Pillar, V.D., Lewinsohn,  
651 T.M., 2016. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o  
652 antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. Natureza & Conservação 14, e1–  
653 e16. <https://doi.org/10.1016/j.ncon.2016.03.004>

654 Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M., 2013. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban,  
655 D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical  
656 Region - online version.

- 657 Capanema, V., Sanches, I., Escada, M., 2019. Comparação entre os produtos temáticos de  
658 uso e cobertura da terra do Terraclass Amazônia e Mapbiomas: teste de aderência entre  
659 classes. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33070.74561>
- 660 Carreira, L.M.M., Barth, O.M., 2003. Atlas de pólen da vegetação de cangas da Serra de  
661 Carajás, Coleção Adolpho Ducke. Goeldi Editoração, Belém, Pará.
- 662 Carreira, L.M.M., Silva, M.F. da, Lopes, J.R.C., Nascimento, L.A.S., 1996. Catálogo de  
663 Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira, Coleção Adolpho Ducke. Laís Zumeró.
- 664 Celentano, D., Rousseau, G.X., Muniz, F.H., Varga, I. van D., Martinez, C., Carneiro, M.S.,  
665 Miranda, M.V.C., Barros, M.N.R., Freitas, L., Narvaes, I. da S., Adami, M., Gomes, A.R.,  
666 Rodrigues, J.C., Martins, M.B., 2017. Towards zero deforestation and forest restoration in  
667 the Amazon region of Maranhão state, Brazil. *Land Use Policy* 68, 692–698.  
668 <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.041>
- 669 Chase, M.W., Christenhusz, M.J.M., Fay, M.F., Byng, J.W., Judd, W.S., Soltis, D.E.,  
670 Mabberley, D.J., Sennikov, A.N., Soltis, P.S., Stevens, P.F., 2016. An update of the  
671 Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants:  
672 APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181, 1–20.  
673 <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- 674 Cho, Y., Jeong, S., Lee, D., Kim, S.-W., Park, R.J., Gibson, L., Zheng, C., Park, C.-R., 2021.  
675 Foraging trip duration of honeybee increases during a poor air quality episode and the  
676 increase persists thereafter. *Ecology and Evolution* 11, 1492–1500.  
677 <https://doi.org/10.1002/ece3.7145>
- 678 de Oliveira Alves, R.M., 2013. Production and Marketing of Pot-Honey, in: Vit, P., Pedro,  
679 S.R.M., Roubik, D. (Eds.), *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. Springer, New York,  
680 NY, pp. 541–556. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7\\_40](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_40)
- 681 Donkersley, P., 2019. Trees for bees. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 270–271, 79–  
682 83. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.024>
- 683 Fernandes, R.T., Rosa, I.G., Conti-Silva, A.C., 2020. Honey from Tiúba stingless bees  
684 (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies.  
685 *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100, 3748–3754.  
686 <https://doi.org/10.1002/jsfa.10415>
- 687 Feeny, P., 1976. Plant Apparency and Chemical Defense, in: Wallace, J.W., Mansell, R.L.  
688 (Eds.), *Biochemical Interaction Between Plants and Insects, Recent Advances in*  
689 *Phytochemistry*. Springer US, Boston, MA, pp. 1–40. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5_1)
- 691 González-Miret, M.L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernández-Recamales, M.Á., Heredia, F.J.,  
692 2005. Multivariate Correlation between Color and Mineral Composition of Honeys and by  
693 Their Botanical Origin. *J. Agric. Food Chem.* 53, 2574–2580.  
694 <https://doi.org/10.1021/jf048207p>
- 695 Gostinski, L.F., Oliveira, F.F., Contrera, F.A.L., Albuquerque, P.M.C. de, 2018. Nicho  
696 trófico e partição de fontes polínicas por duas espécies de *Melipona* (HYMENOPTERA,

- 697 APIDAE) na Amazônia oriental. *Oecologia Australis* 22.  
698 <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2204.08>
- 699 Härtel, S., Steffan-Dewenter, I., 2014. Ecology: Honey Bee Foraging in Human-Modified  
700 Landscapes. *Current Biology* 24, R524–R526. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.04.052>
- 701 Hesselbarth, M.H.K., Sciaini, M., With, K.A., Wiegand, K., Nowosad, J., 2019.  
702 landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography* 42,  
703 1648–1657. <https://doi.org/10.1111/ecog.04617>
- 704 Hipólito, J., Coutinho, J., Mahlmann, T., Santana, T.B.R., Magnusson, W.E., 2021.  
705 Legislation and pollination: Recommendations for policymakers and scientists. *Perspectives*  
706 *in Ecology and Conservation* 19, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.01.003>
- 707 Jaffé, R., Pope, N., Carvalho, A.T., Maia, U.M., Blochtein, B., Carvalho, C.A.L. de,  
708 Carvalho-Zilse, G.A., Freitas, B.M., Menezes, C., Ribeiro, M. de F., Venturieri, G.C.,  
709 Imperatriz-Fonseca, V.L., 2015. Bees for Development: Brazilian Survey Reveals How to  
710 Optimize Stingless Beekeeping. *PLOS ONE* 10, e0121157.  
711 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121157>
- 712 Junior, C.H.L.S., Freire, A.T.G., Rodrigues, T.C.S., Viegas, J.C., Bezerra, D. da S., 2016.  
713 Dinâmica das queimadas na baixada maranhense. *InterEspaço: Revista de Geografia e*  
714 *Interdisciplinaridade* 2, 355–375. [https://doi.org/10.18766/2446-](https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v2n5p355-375)  
715 [6549/interespaco.v2n5p355-375](https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaco.v2n5p355-375)
- 716 Júnior, N.N.P., Murrieta, R.S.S., Adams, C., 2008. A agricultura de corte e queima: um  
717 sistema em transformação The slash-and-burn agriculture: a system in transformation 3, 22.
- 718 Katsanos, D., Retalis, A., Michaelides, S., 2016. Validation of a high-resolution precipitation  
719 database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research* 169, 459–464.  
720 <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.05.015>
- 721 Kerr, W., Carvalho, G., Nascimento, V., 1996. *Abelha Uruçu: Biologia, Manejo e*  
722 *Conservação*. Belo Horizonte.
- 723 Kerr, W.E., Carvalho, G.A., Silva, A.C. da, Assis, M. da G.P. de, 2001. Aspectos pouco  
724 mencionados da biodiversidade amazônica. *Parcerias Estratégicas* 6, 20–41.
- 725 Kheradmand, B., Nieh, J.C., 2019. The Role of Landscapes and Landmarks in Bee  
726 Navigation: A Review. *Insects* 10, 342. <https://doi.org/10.3390/insects10100342>
- 727 Kohler, F., Verhulst, J., Klink, R.V., Kleijn, D., 2008. At what spatial scale do high-quality  
728 habitats enhance the diversity of forbs and pollinators in intensively farmed landscapes?  
729 *Journal of Applied Ecology* 45, 753–762. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01394.x>
- 730 Lichtenberg, E.M., Mendenhall, C.D., Brosi, B., 2017. Foraging traits modulate stingless  
731 bee community disassembly under forest loss. *Journal of Animal Ecology* 86, 1404–1416.  
732 <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12747>

- 733 Lima, K.C., Perez Filho, A., Lima, K.C., Perez Filho, A., 2020. Evolução geomorfológica  
734 de planícies costeiras no holoceno. Mercator (Fortaleza) 19.  
735 <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19010>
- 736 Marchant, R., 2002. Do rare species have any place in multivariate analysis for  
737 bioassessment? Journal of the North American Benthological Society 21, 311–313.  
738 <https://doi.org/10.2307/1468417>
- 739 Martin, L., Suguio, K., Flexor, J.M., Bittencourt, A., Vilas-Boas, G., 1980. Le quaternaire  
740 marin brésilien (littoral pauliste, Sud fluminense et bahianais) 30.
- 741 Melhem, Cruz-Barros, M.A.V., Correa, A.M.S., Makino-Watanabe, H., Silvestre-Capelato,  
742 M.S.F., Esteves, V.L.G., 2003. Variabilidade polínica em plantas de Campos do Jordao (São  
743 Paulo, Brasil). Boletim do Instituto de Botanica 16, 9–104.
- 744 Myerscough, M.R., Khoury, D.S., Ronzani, S., Barron, A.B., 2017. Why Do Hives Die?  
745 Using Mathematics to Solve the Problem of Honey Bee Colony Collapse, in: Anderssen, B.,  
746 Broadbridge, P., Fukumoto, Y., Kamiyama, N., Mizoguchi, Y., Polthier, K., Saeki, O. (Eds.),  
747 The Role and Importance of Mathematics in Innovation, Mathematics for Industry. Springer,  
748 Singapore, pp. 35–50. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-0962-44>
- 749 Neumüller, U., Burger, H., Krausch, S., Blüthgen, N., Ayasse, M., 2020. Interactions of local  
750 habitat type, landscape composition and flower availability moderate wild bee communities.  
751 Landscape Ecol 35, 2209–2224. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01096-4>
- 752 Nowosad, J., Stepinski, T.F., 2019. Information theory as a consistent framework for  
753 quantification and classification of landscape patterns. Landscape Ecol 34, 2091–2101.  
754 <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00830-x>
- 755 Nunes-Silva, P., Costa, L., Campbell, A.J., Arruda, H., Contrera, F.A.L., Teixeira, J.S.G.,  
756 Gomes, R.L.C., Pessin, G., Pereira, D.S., de Souza, P., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2020.  
757 Radiofrequency identification (RFID) reveals long-distance flight and homing abilities of  
758 the stingless bee *Melipona fasciculata*. Apidologie 51, 240–253.  
759 <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00706-8>
- 760 Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., 2020. vegan: Community Ecology  
761 Package. R package version 2.5-7.
- 762 Oliveira, R.C., Contrera, F.A.L., Arruda, H., Jaffé, R., Costa, L., Pessin, G., Venturieri, G.C.,  
763 de Souza, P., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2021. Foraging and Drifting Patterns of the Highly  
764 Eusocial Neotropical Stingless Bee *Melipona fasciculata* Assessed by Radio-Frequency  
765 Identification Tags. Frontiers in Ecology and Evolution 9.
- 766 Peralta, G., Stevani, E.L., Chacoff, N.P., Dorado, J., Vázquez, D.P., 2017. Fire influences  
767 the structure of plant–bee networks. Journal of Animal Ecology 86, 1372–1379.  
768 <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12731>
- 769 Pinheiro, C.U.B., 2020. Coletas botânicas na zona costeira do estado do Maranhão, nordeste  
770 do Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física 13, 3006–3024.  
771 <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.6.p3006-3024>

- 772 Pioker-Hara, F.C., Drummond, M.S., Kleinert, A. de M.P., 2014. The Influence of the Loss  
773 of Brazilian Savanna Vegetation on the Occurrence of Nests of Stingless Bees (Apidae:  
774 Meliponini). *Sociobiology* 61, 393–400. [https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.393-](https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.393-400)  
775 400
- 776 Porro, N., Veiga, I., Mota, D., 2011. Traditional communities in the Brazilian Amazon and  
777 the emergence of new political identities: the struggle of the quebradeiras de coco babaçu—  
778 babassu breaker women. *Journal of Cultural Geography* 28, 123–146.  
779 <https://doi.org/10.1080/08873631.2011.548487>
- 780 RCPol – Rede de Catálogos Polínicos Online [WWW Document], 2020. URL  
781 <http://rcpol.org.br/pt/home/> (accessed 9.15.20).
- 782 R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R  
783 Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- 784 Ramsar, 2000. Baixada Maranhense Environmental Protection Area. Ramsar Sites  
785 Information Service. [WWW Document]. URL <https://rsis.ramsar.org/ris/1020> (accessed  
786 9.10.20).
- 787 Ribeiro, M.H.M., Luz, C.F.P. da, Albuquerque, P.M.C. de, 2019. Palynology as a tool for  
788 distinguishing geopropolis samples from stingless bee species in the Maranhense Amazon,  
789 Brazil. *Journal of Apicultural Research* 58, 16–36.  
790 <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1494890>
- 791 Roubik, D.W., 2006. Stingless bee nesting biology. *Apidologie* 37, 124–143.  
792 <https://doi.org/10.1051/apido:2006026>
- 793 Silva Junior, C.H.L., Heinrich, V.H.A., Freire, A.T.G., Broggio, I.S., Rosan, T.M., Doblaz,  
794 J., Anderson, L.O., Rousseau, G.X., Shimabukuro, Y.E., Silva, C.A., House, J.I., Araújo,  
795 L.E.O.C., 2020. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific*  
796 *Data* 7, 269. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00600-4>
- 797 Souza, C.M., Z. Shimbo, J., Rosa, M.R., Parente, L.L., A. Alencar, A., Rudorff, B.F.T.,  
798 Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P.W.M., de Oliveira, S.W.,  
799 Rocha, W.F., Fonseca, A.V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa,  
800 E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C., Siqueira,  
801 J.V., Viera, J.L., Neto, L.C.F., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G., Vasconcelos,  
802 R., Galano, S., Mesquita, V.V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing Three Decades of Land  
803 Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine.  
804 *Remote Sensing* 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- 805 Spangenberg, J.H., Görg, C., Truong, D.T., Tekken, V., Bustamante, J.V., Settele, J., 2014.  
806 Provision of ecosystem services is determined by human agency, not ecosystem functions.  
807 Four case studies. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services &*  
808 *Management* 10, 40–53. <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.884166>
- 809 Sponsler, D.B., Johnson, R.M., 2015. Honey bee success predicted by landscape  
810 composition in Ohio, USA. *PeerJ* 3, e838. <https://doi.org/10.7717/peerj.838>

- 811 Sujii, P.S., Tambarussi, E.V., Grando, C., de Aguiar Silvestre, E., Viana, J.P.G., Brancalion,  
812 P.H.S., Zucchi, M.I., 2021. High gene flow through pollen partially compensates spatial  
813 limited gene flow by seeds for a Neotropical tree in forest conservation and restoration areas.  
814 *Conserv Genet* 22, 383–396. <https://doi.org/10.1007/s10592-021-01344-3>
- 815 Venturieri, G.C., Leão, K.L., Rêgo, E. de S., Venturieri, G.A., 2018. Honey production of  
816 the “uruçu-cinzenta” stingless bee (*Melipona fasciculata*) after offering cerumen in natural  
817 form or as artificially made pots. *Journal of Apicultural Research* 57, 129–134.  
818 <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1339520>
- 819 Venturieri, G.C., Raiol, V. de F.O., Pereira, C.A.B., 2003. Avaliação da introdução da  
820 criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os agricultores  
821 familiares de Bragança - PA, Brasil. *Biota Neotropica* 3, 1–7. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032003000200003>
- 823 Vit, P., Pedro, S.R.M., Roubik, D. (Eds.), 2013. *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*.  
824 Springer-Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- 825 Waddell, E.H., Banin, L.F., Fleiss, S., Hill, J.K., Hughes, M., Jelling, A., Yeong, K.L., Ola,  
826 B.B., Sailim, A.B., Tangah, J., Chapman, D.S., 2020. Land-use change and propagule  
827 pressure promote plant invasions in tropical rainforest remnants. *Landscape Ecol* 35, 1891–  
828 1906. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01067-9>

829 **The effect of landscape composition on stingless bee (*Melipona fasciculata*) honey**  
 830 **productivity in a wetland ecosystem of Eastern Amazonia, Brazil**

831

832 **Supplementary Material - SM**

833 Table 4. Pollen types (77) identified in *Melipona fasciculata* honeybee samples by plant species in  
 834 the 34 studied landscapes of APA Baixada Maranhense, in eastern Brazilian Amazon, Brazil, in 2019.

Plant species	Resource <sup>‡</sup>	Life form	Origin	Habitat	P(%) <sup>§</sup>
<b>MONOCOTS</b>					
<b>ARECACEAE</b>					
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng	N/P*	palm	native	anthropic	4.426
<i>Euterpes</i> sp.	N/P*	palm	native	forest	0.500
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	P*	palm	native	forest	0.060
<i>Syagrus</i> sp.	N/P*	palm	native	anthropic	0.078
<b>CYPERACEAE</b>					
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	A	aq herb	native	anthropic	0.967
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	A	herb	exotic	wetland	0.493
<b>POACEAE</b>					
Poaceae	A	herb	-	grassland	0.015
<b>PONTEDERIACEAE</b>					
<i>Eichornia crassipes</i> Mart. (Solms)	N	aq herb	native	wetland	11.401
<i>Pontederia parviflora</i> Alexander	N	aq herb	native	wetland	4.583
<b>EUDICOTS</b>					
<b>AMARANTHACEAE</b>					
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	N/P	herb	native	anthropic	2.183
<i>Amaranthus</i> sp.	N/P	herb	exotic	anthropic	0.007
<b>ANACARDIACEAE</b>					
<i>Anacardium occidentale</i> L.	N/P	tree	native	savanna	0.265
<b>ASTERACEAE</b>					
<i>Baccharis</i> sp.	N/P	shrub	native	anthropic	0.011
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f) Willd.	N/P	vine	native	anthropic	0.146
<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	N	shrub	exotic	grassland	0.093
<b>BEGONIACEAE</b>					
<i>Begonia</i> sp.	P	herb	native	anthropic	0.034
<b>BIGNONIACEAE</b>					
<i>Adenocalymma</i> sp.	N/P	vine	native	savanna	0.045
<i>Arrabidaea</i> sp.	N/P	vine	native	anthropic	0.011
<i>Tabebuia</i> sp.	N	tree	native	anthropic	0.030
<b>BURSERACEAE</b>					
<i>Protium leptostachyum</i> Cuatrec.	N	tree	native	forest	1.101
<b>CECROPIACEAE</b>					
<i>Cecropia</i> sp.	P	tree	native	anthropic	0.220
<b>CONVOLVULACEAE</b>					
<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	N/P	shrub/vine	native	anthropic	0.022
<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	N/P	creeper	native	anthropic	5.534
<i>Merremia</i> sp.	N/P	vine	exotic	anthropic	0.713
<b>DILLENIACEAE</b>					
<i>Curatella</i> sp.	P	shrub	native	grassland	0.022
<b>EUPHORBIACEAE</b>					
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	N	shrub	native	savanna	0.026
<i>Sebastiania</i> sp.	N/P	shrub	native	grassland	0.187
<b>FABACEAE</b>					
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.)	P	tree	native	savanna	0.037
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	N/P	tree	exotic	anthropic	1.896
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	P	shrub	exotic	anthropic	0.011
<i>Bowdichia</i> sp.	P	shrub	native	savanna	1.956

<i>Cenostigma bracteosum</i> Tul. Gagnon & G.P.Lewis	N/P	shrub	native	savanna	0.007
<i>Camptosema</i> sp.	NA	vine	native	grassland	2.877
<i>Campsandra</i> sp.	NA	tree	native	forest	0.224
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	N/P*	vine	native	grassland	0.896
<i>Coursetia</i> sp.	NA	shrub	native	savanna	0.007
<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	N/P*	herb	native	anthropic	3.512
<i>Crotalaria retusa</i> L.	N	shrub	exotic	anthropic	1.008
<i>Cynometra</i> sp.	NA	tree	native	forest	0.209
<i>Desmodium incanum</i> DC.	N/P	herb	exotic	anthropic	0.026
<i>Dicorynia</i> sp.	NA	tree	native	grassland	0.034
<i>Dioclea</i> sp.	NA	vine	native	anthropic	0.011
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth	N/P*	tree	native	anthropic	0.019
<i>Machaerium</i> sp.	N	shrub	native	anthropic	2.788
<i>Martiodendron parviflorum</i> (Amshoff) R. Koeppen	NA	tree	native	forest	1.821
<i>Mimosa verrucosa</i> Benth	N/P*	shrub	native	forest	3.896
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth	N/P*	shrub	native	savanna	3.523
<i>Mimosa pudica</i> L.	P	Herb	native	anthropic	4.795
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allem	P	tree	exotic	forest	1.034
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth	N/P	herb	native	wetland	1.956
<i>Newtonia</i> sp.	NA	tree	exotic	forest	0.019
<i>Piptadenia phyllostachya</i> Benth	N/P	tree	native	forest	0.011
<i>Plathymenia</i> sp.	N/P	tree	native	savanna	0.063
<i>Phyllocarpus</i> sp.	NA	tree	native	forest	0.011
<i>Schrankia leptocarpa</i> DC.	N/P	herb	native	anthropic	0.355
<i>Senna occidentalis</i> (L.)	N/P	shrub	native	anthropic	5.620
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	N/P*	tree	native	anthropic	0.970
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	N/P	tree	native	savanna	1.564
<i>Stylosanthes</i> sp.	N/P*	herb	native	savanna	0.011
<i>Zollernia</i> sp.	N/P*	shrub	native	forest	0.015
<b>LAMIACEAE</b>					
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	N	herb	native	anthropic	3.575
<i>Hyptis</i> sp.	N	herb	native	anthropic	0.821
<b>MALPIGHIACEAE</b>					
<i>Peixotoa jussieuana</i> A.Juss	NA	shrub	native	savanna	0.179
<b>MELASTOMATAACEAE</b>					
<i>Miconia alata</i> (Aubl.) DC	N/P	shrub	native	grassland	0.086
<i>Mouriri acutiflora</i> Naudin.	N/P	tree	native	forest	2.407
<i>Tibouchina aspera</i> Aubl.	N/P	tree	native	savanna	1.952
<b>MYRTACEAE</b>					
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	N/P*	shrub	native	savanna	0.194
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	N/P	tree	exotic	anthropic	2.228
<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk	N/P	shrub	native	forest	8.121
<i>Psidium guajava</i> L.	N/P*	tree	native	anthropic	1.907
<b>PASSIFLORACEAE</b>					
<i>Passiflora glandulosa</i> Cav.	P	creeper	native	forest	0.007
<b>RUBIACEAE</b>					
<i>Borreria tenella</i> (Kunth) Cham & Schultde	N/P*	herb	native	grassland	0.202
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey	N/P*	shrub	native	anthropic	1.720
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	N/P	shrub	native	wetland	0.037
<b>SAPINDACEAE</b>					
<i>Paullinia pinnata</i> L.	N	vine	native	anthropic	0.179
<i>Serjania Lethalis</i> A.St.-Hil	N	vine	native	savanna	1.123
<b>SOLANACEAE</b>					
<i>Solanum paniculatum</i> L.	P	shrub	native	anthropic	0.907

835 ‡ Resources (N: nectariferous, P: polliniferous, \*: excess pollen, NA: information not available, A:  
836 anemophilous). † P (%): relative pollen frequency in the 102 studied bee boxes;



837 Table 5. Analysis of the floral origin in honey of *Melipona fasciculata* of 34 meliponaries (id) in APA of Baixada Maranhense, eastern Brazilian Amazon,  
838 Brazil, in 2019. Pollen type 1, 2, 3, 4 specifies the main pollen of nectariferous species and its relative abundance.

id	Classification	Pollen type 1	Pollen type 2	Pollen type 3	Pollen type 4
13	Heterofloral	<i>Attalea speciosa</i> 37 %	<i>Hyptis atrorubens</i> 17 %	<i>Mouriri acutiflora</i> 10 %	<i>Protium leptostachium</i> 9 %
20	Heterofloral	<i>Tibouchina aspera</i> 33 %	<i>Mouriri acutiflora</i> 27 %	<i>Hyptis atrorubens</i> 24 %	<i>Protium leptostachium</i> 9 %
19	Heterofloral	<i>Mimosa pudica</i> 29 %	<i>Eucalyptus globulus</i> 23 %	<i>Andira anielmia</i> 18 %	<i>Hyptis sp.</i> 15 %
24	Heterofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 33 %	<i>Pontederia parviflora</i> 27 %	<i>Myrcia cuprea</i> 19 %	<i>Attalea speciosa</i> 13 %
23	Heterofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 30 %	<i>Alternanthera brasiliiana</i> 17 %	<i>Myrcia cuprea</i> 13 %	<i>Pontederia parviflora</i> 11 %
28	Heterofloral	<i>Camptosema sp.</i> 22 %	<i>Attalea speciosa</i> 22 %	<i>Stryphnodendron adstringens</i> 13 %	<i>Distimake aegyptius</i> 9 %
30	Heterofloral	<i>Centrosema pubescens</i> 42 %	<i>Distimake aegyptius</i> 19 %	<i>Mouriri acutiflora</i> 13 %	<i>Eichhornia crassipes</i> 12 %
22	Heterofloral	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> 29 %	<i>Stryphnodendron adstringens</i> 19 %	<i>Neptunia plena</i> 17 %	
2	Heterofloral	<i>Distimake aegyptius</i> 32 %	<i>Myrcia cuprea</i> 20 %	<i>Mouriri acutiflora</i> 19 %	
4	Heterofloral	<i>Distimake aegyptius</i> 43 %	<i>Distimake sp.</i> 12 %	<i>Eugenia flavescens</i> 10 %	
5	Heterofloral	<i>Myrcia cuprea</i> 44 %	<i>Distimake aegyptius</i> 34 %	<i>Distimake sp.</i> 14 %	
8	Heterofloral	<i>Machaerium sp.</i> 47 %	<i>Myrcia cuprea</i> 27 %	<i>Hyptis atrorubens</i> 15 %	
6	Heterofloral	<i>Myrcia cuprea</i> 36 %	<i>Psidium guajava</i> 22 %	<i>Hyptis sp.</i> 13 %	
34	Heterofloral	<i>Distimake aegyptius</i> 44 %	<i>Myrcia cuprea</i> 34 %	<i>Machaerium sp.</i> 15 %	
33	Heterofloral	<i>Andira anthelmia</i> 32 %	<i>Psidium guajava</i> 28 %		
7	Heterofloral	<i>Myrcia cuprea</i> 45 %	<i>Distimake aegyptius</i> 31 %		
25	Heterofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 43 %	<i>Pontederia parviflora</i> 36 %		
27	Heterofloral	<i>Machaerium sp.</i> 28 %	<i>Serjania lethalis</i> 24 %		
29	Heterofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 36 %	<i>Alternanthera brasiliensis</i> 18 %		
1	Monofloral	<i>Machaerium sp.</i> 48 %			
3	Monofloral	<i>Peixotoa jussieuana</i> 48 %			
9	Monofloral	<i>Hyptis atrorubens</i> 79 %			
10	Monofloral	<i>Hyptis atrorubens</i> 55 %			
11	Monofloral	<i>Alternanthera brasiliiana</i> 48 %			
12	Monofloral	<i>Myrcia cuprea</i> 53 %			
14	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 50 %			
15	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 55 %			
16	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 52 %			
17	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 62 %			
18	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 58 %			
21	Monofloral	<i>Distimake aegyptius</i> 65 %			
26	Monofloral	<i>Eichhornia crassipes</i> 50 %			
31	Monofloral	<i>Schizolobium amazonicum</i> 49 %			
32	Monofloral	<i>Pontederia parviflora</i> 51 %			

839 Table 6. Fifteen main botanical species and its occurrence (%) in the 34 meliponaries (id) in APA of Baixada Maranhense, eastern Brazilian Amazon, Brazil,  
840 in 2019.

specie	occurrence, classification, number (id)	source of resources and habitat	specie	occurrence, classification, number (id)	source of resources and habitat
<i>Eichhornia crassipes</i> Mart. (Solms)	19 occurrences (56 %) ● Monofloral: 14, 15, 16, 17, 18, 26 ● Heterofloral: 23, 24, 25, 29 ● Low frequency: 2, 4, 7, 21, 22, 28, 30, 31, 32	nectariferous, aquatic, native, inhabits lakes, rivers and flooded fields.	<i>Mimosa verrucosa</i> Benth	20 occurrences (59 %) ● Alta frequência: 12, 14, 17, 18, 20, 32, 33 ● Low frequency: 1, 4, 9, 10, 11, 13, 16, 19, 21, 24, 25, 27, 34	very polyniferous and nectariferous, native, inhabits forest environment or wetlands.
<i>Myrcia cuprea</i> (O. Berg) Kiaersk	30 occurrences (88 %) ● Monofloral: 13 ● Heterofloral: 2, 5, 6, 7, 8, 23, 34 ● Low frequency: 1, 3, 4, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32	nectariferous and polyniferous, shrub, native, inhabits forests or fields.	<i>Hyptis atrorubens</i> Poit	9 occurrences (26 %) ● Monofloral: 9, 10 ● Heterofloral: 8, 13, 20 ● Low frequency: 22, 27, 29, 33	nectariferous and polyniferous, shrub, native, inhabits forest or native grassland environment.
<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	21 occurrences (61 %) ● Monofloral: 21 ● Heterofloral: 2, 4, 5, 7, 30, 34 ● Low frequency: 6, 11, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 24, 27, 28, 31	nectariferous and polyniferous, liana, native, inhabits anthropic or savannah environment.	<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	16 occurrences (47 %) ● Alta frequência: 1, 2, 4 ● Low frequency: 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 17, 28, 29, 31, 32	nectariferous and polyniferous, herb, native, inhabits anthropic environment or wetland.
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	27 occurrences (79 %) ● Alta frequência: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 20, 29, 31 ● Low frequency: 2, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 30, 32, 33	it provides only pollen, which influences the physiology and survival of bees, shrub, native, from anthropogenic or savanna environment.	<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth	21 occurrences (62 %) ● Monofloral: 0 ● Heterofloral: 2, 3, 4, 9, 18, 20, 22, 28, 31 ● Low frequency: 1, 6, 7, 10, 12, 13, 16, 19, 24, 25, 26, 30	nery poliniferous, shrub, native, inhabits savanna environment.
<i>Mimosa pudica</i> L.	30 occurrences (88 %) ● Monofloral: 0 ● Heterofloral: 19, 33 ● Low frequency: 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 32, 34	polyniferous and nectariferous, herbaceous, native, inhabits anthropogenic or savannah environment.	<i>Camptosema</i> sp.	13 occurrences (38 %) ● Monofloral: 0 ● Heterofloral: 17, 28, 33, 34 ● Low frequency: 13, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 32	unknown floral resource, liana, native, inhabits native grassland.
<i>Pontederia parviflora</i> Alexander	15 occurrences (44 %) ● Monofloral: 32 ● Heterofloral: 24, 25 ● Low frequency: 4, 5, 8, 11, 14, 16, 17, 23, 26, 29, 30, 34	nectariferous, aquatic herb, native, inhabits anthropogenic or savannah environment.	<i>Mouriri acutiflora</i> Naudin	12 occurrences (35 %) ● Monofloral: 0 ● Heterofloral: 2, 13, 20 ● Low frequency: 1, 3, 9, 10, 11, 19, 30, 31, 33	nectariferous and polyniferous, tree, native, inhabits forest environment or wetland.
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng	27 occurrences (79 %) ● Monofloral: 13 ● Heterofloral: 28 ● Low frequency: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 32	very polyniferous and nectariferous, palm tree, native, inhabits anthropogenic or savannah environment. Plant characteristic of Maranhão and APA.	<i>Machaerium</i> sp.	11 occurrences (32 %) ● Monofloral: 1 ● Heterofloral: 8, 27 ● Low frequency: 2, 5, 7, 13, 23, 24, 29, 31, 34	nectariferous and polyniferous, shrub, native, inhabits anthropic or savannah environment.
			<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	23 occurrences (67 %) ● Monofloral: 0 ● Heterofloral: 19 ● Low frequency: 3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 21, 22, 27, 28, 29, 31, 32, 34	nectariferous and polyniferous, tree, exotic, inhabits anthropic environment.

\* ● monofloral: > 45 %, ● heterofloral: plant composition 9 % - 45 %, ● low frequency: < 9 %, ● high frequency: > 9 %, (Barth, 2004).

841

842

843

---

#### Capítulo IV

### **A influência da origem floral e da paisagem na identidade físico-química de méis maturados de tíuba (*Melipona fasciculata*, Meliponini) na Amazônia Maranhense, Brasil**

---

844

845

846 *Artigo em preparação para a revista 'Journal of Apicultural Research'*

847

848

849

850

851

852

853

854

855

856

857

858

*Come mel, meu filho, porque é bom;*

859

*o favo de mel é doce ao teu paladar.*

860

861

*Provérbios 24:13*

862

863

864 **A influência da origem floral e da paisagem na identidade físico-química de méis**  
865 **maturados de tíuba (*Melipona fasciculata*, *Meliponini*) na Amazônia Maranhense,**  
866 **Brasil**

867

868 Manuscript prepared for the Journal of Apicultural Research as an Original Research  
869 Article

870

871 Word count: 8.152 words (without SM).

872

873 Silver Jonas Alves Farfan<sup>1,2\*</sup>, Danielle Celentano<sup>1</sup>, Mari Silvia Rodrigues de Oliveira<sup>3</sup>,  
874 Celso Henrique Leite Silva Junior<sup>1,4</sup>, Monique Hellen Martins Ribeiro<sup>5</sup>, Luis Manuel  
875 Hernández García<sup>1</sup>, Murilo Sérgio Drummond<sup>6</sup>, Rogério Marcos de Oliveira<sup>7</sup>, Guillaume  
876 Xavier Rousseau<sup>1,8</sup>

877

878 <sup>1</sup> Post-Graduate Program in Agroecology, Laboratory of Ecological Restoration  
879 (LARECO), State University of Maranhão (UEMA). Cidade Universitária Paulo VI,  
880 Av. Lourenço Vieira da Silva, nº 1000, Jd. São Cristóvão. 65055-310, São Luís/MA,  
881 Brazil.

882

883 <sup>2</sup> Technological Vocational Center (CVT Agroecology), Federal Institute of Sertão  
884 Pernambucano (IFSertãoPE), PE-647, Km 22, PISNC N - 4, Zona Rural, Cx. Postal 277  
885 CEP 56302-970, Petrolina/PE, Brazil.

886

887 <sup>3</sup> Federal University of Santa Maria (UFSM), Departamento de tecnologia e Ciência dos  
888 Alimentos. Av. Roraima nº 1000, Cidade Universitária, Camobi, 97105-900, Santa  
889 Maria/RS, Brazil.

890

891 <sup>4</sup> Post-Graduate Program in Remote Sensing, Tropical Ecosystem and Environmental  
892 Science Laboratory (TREES), National Institute for Space Research / Instituto Nacional  
893 de Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja, 12227-  
894 010, São José dos Campos/SP, Brazil.

895

896 <sup>5</sup> State University of Maranhão (UEMA), Campus of Lago da Pedra, Lago da Pedra/MA,  
897 Brazil.

898

899 <sup>6</sup> Federal University of Maranhão (UFMA). Av. dos Portugueses, nº 1966 - Vila Bacanga,  
900 65080-805, São Luís /MA, Brazil.

901

902 <sup>7</sup> Federal Institute for Education, Science and Technology of Bahia (IFBAIANO). Rua  
903 da Gratidão, nº 232, Piatã. 41650-195-Salvador/BA, Brazil.

904

905 <sup>8</sup> Network for Biodiversity and Biotechnology of Legal Amazon (Bionorte). State  
906 University of Maranhão. Cidade Universitária Paulo VI, Av. Lourenço Vieira da Silva,  
907 nº 1000, Jd. São Cristóvão. 65055-310, São Luís/MA. Brazil.

908

909 \* Correspondent author ([silverjonasf@gmail.com](mailto:silverjonasf@gmail.com))

910

911

912

913

914 **Resumo**

915

916

917

918

919

920

921

922

923

924

925

926

927

928

929

930

931

932

933

934

935

936

937

938

939

A meliponicultura fornece serviços ecológicos, agrega valor social, cultural e econômico aos camponeses, e o mel produzido pelas abelhas, especialmente os maturados, são apreciados localmente e na gastronomia. A qualidade dos méis varia conforme o ambiente, o que ainda é pouco estudado na Amazônia. O objetivo deste estudo foi (1) caracterizar a qualidade de méis maturados da abelha *Melipona (Melikerria) fasciculata* (Smith, 1854) através de análises físico-químicas (umidade, açúcares redutores, sacarose, sólidos insolúveis, cinzas, acidez, pH) em 33 meliponários na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (APA), estado do Maranhão, Brasil; e (2) identificar como a paisagem dos meliponários (avaliada através de sensoriamento remoto) e a origem floral (avaliada através da melissopalínologia) influenciam a qualidade do mel. Em geral, nossas amostras de méis *Melipona fasciculata* eram semelhantes em relação à legislação de méis de Meliponini na Amazônia, exceto para sacarose, HMF e sólidos insolúveis que tinham médias maiores. As diferentes paisagens rurais antropizadas típicas da APA da Baixada Maranhense com abundantes palmeiras, riqueza de espécies de árvores e os característicos campos inundáveis e sua flora associada apresentam relações com acidez, pH, cinzas e umidade dos méis estudados. É necessário que o poder público ampare a meliponicultura como atividade de alto benefício social e ambiental, melhore e amplie as normas vigentes sobre qualidade de méis de *M. fasciculata*.

## 940 **Introdução**

941 A criação de abelhas nativas sem ferrão – meliponicultura – é uma atividade  
942 tradicional, de alto valor cultural, que tem origem nos povos nativos tropicais, e se  
943 desenvolveu em várias partes do mundo tropical, Américas, África e Asia (Cortopassi-  
944 Laurino et al., 2006; Vit et al., 2013; Engels, 2015). A meliponicultura promove serviços  
945 ecossistêmicos variados (Barth, 2004), como a polinização de cultivos agrícolas (Garibaldi  
946 et al., 2016) e a manutenção dos fluxos gênicos em paisagens fragmentadas (Sujii et al.,  
947 2021) e a restauração ecológica (Brancaion et al., 2019; Fischer et al., 2021). A  
948 meliponicultura agrega ainda benefícios sociais, culturais e econômicos aos camponeses  
949 (Barbiéri and Francoy, 2020). A longevidade desta atividade está relacionada com o  
950 principal produto das abelhas, o mel como alimento e produto medicinal, além da cera e  
951 resinas (Cortopassi-Laurino et al., 2006). Mais recentemente os méis de abelhas sem ferrão  
952 são mais utilizados e valorizados na gastronomia (de Oliveira Alves, 2013).

953 Os méis das abelhas nativas sem ferrão tem mais umidade do que os méis de *Apis*  
954 *mellifera* L., essa é a principal causa da fermentação natural que ocorre juntamente com as  
955 leveduras osmofílicas naturalmente presentes nestes méis, resultando em uma maior acidez  
956 e outras modificações nas suas características – pH, açúcar e hidroximetilfurfural (HMF)  
957 (Camargo et al., 2017; Braghini et al., 2021). As propriedades físico-químicas dos méis se  
958 modificam no decorrer da colheita e armazenamento com a ação de enzimas que degradam  
959 compostos originais (Chuttong et al., 2016; Pascual-Maté et al., 2018). Estas modificações  
960 ainda estão sendo estudadas em méis de diversas abelhas, por isso ainda não há um consenso  
961 nos critérios de qualidade nas legislações vigentes para méis de abelhas sem ferrão (Iglesias  
962 et al., 2012; Fernandes et al., 2018; ADEPARÁ, 2021).

963 A maturação do mel consiste em controlar o processo de fermentação natural que  
964 ocorre após a extração do mel, método desenvolvido originalmente como solução para o  
965 processo de estabilização do mel sem refrigeração e nas condições rurais sem eletrificação  
966 do Maranhão (Drummond, 2008, 2013). A legislação brasileira para o mel foi elaborada com  
967 base em legislações internacionais para o mel de *A. mellifera* (BRASIL, 2000) e não atende  
968 às características dos méis das abelhas nativas sem ferrão. Algumas legislações novas de  
969 estados brasileiros (ADAB, 2014; SAA, 2017; ADEPARÁ, 2021) reconhecem  
970 características dos méis de abelhas sem ferrão, por exemplo umidade acima de 20%. No  
971 entanto, a variação da acidez em méis maturados pode superar 50 meq.g<sup>-1</sup> (da Silva Cruz et

972 al., 2021), a característica da acidez define o sabor agridoce, importante atributo sensorial  
973 para os povos tropicais (Deliza and Vit, 2013).

974 Os fatores abióticos e bióticos influenciam na qualidade dos néctares e pólenes,  
975 refletem a qualidade do ambiente circundante e as mudanças na paisagem e são verificáveis  
976 nos méis (Durazzo et al., 2021). As fontes de variação das características físico-químicas  
977 dos méis são atribuídas à flora, origem geográfica e fontes antropogênicas (Bogdanov et al.,  
978 2007; Majewska et al., 2019). Na América Latina a grande diversidade de abelhas nativas e  
979 seus variados tipos de méis são considerados um patrimônio, cuja diversidade depende da  
980 região e dos recursos vegetais disponíveis (Dardón et al., 2013).

981 Méis de *Melipona (Melikerria) fasciculata* Smith, 1854 (Meliponini, Apidae,  
982 Hymenoptera) de origem amazônica e do cerrado brasileiro (Camargo and Pedro, 2013)  
983 continham umidade, cinzas e pH significativamente diferentes nesses biomas, os méis da  
984 floresta amazônica tinham mais umidade, menos cinzas e menor pH que méis do cerrado  
985 (Fernandes et al., 2018). O sensoriamento remoto e a melissopalínologia são ferramentas  
986 que permitem estudar a paisagem de origem e a vegetação melitófila (Barth, 2004; Sponsler  
987 and Johnson, 2015), identificando as fontes de variabilidade das características físico-  
988 químicas dos méis. Neste trabalho caracterizamos os atributos físico-químicos (umidade,  
989 açúcares redutores, sacarose, sólidos insolúveis, cinzas, acidez, HMF, pH) de méis  
990 maturados de *M. fasciculata* na Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense (APA),  
991 e identificamos como essas características respondem à preferência floral e variações da  
992 paisagem. Com isso, esse estudo busca contribuir para a regulamentação dos méis no Estado  
993 do Maranhão e assim como a valorização da atividade do meliponicultor.

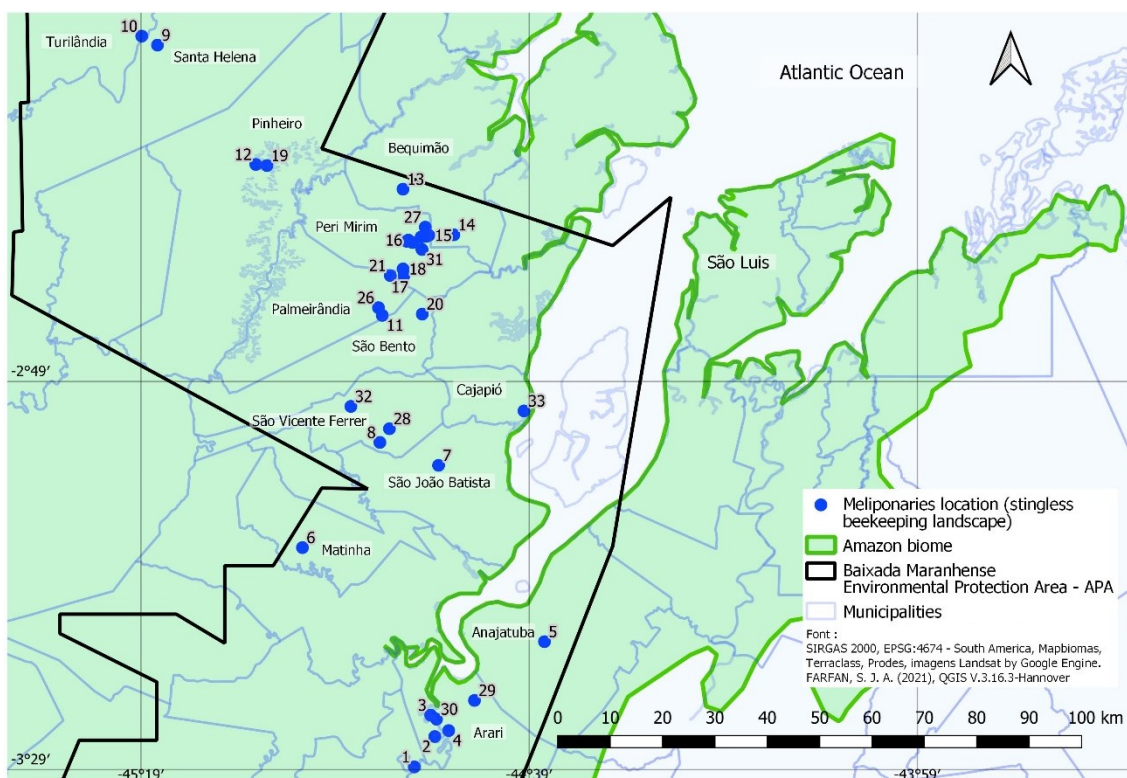
994

## 995 **2 METODOLOGIA**

### 996 **2.1 Área de estudo**

997 O estudo foi conduzido em 13 municípios da Área de Proteção Ambiental (APA) no  
998 estado de Maranhão, Brasil: Anajatuba, Arari, Matinha, Cajapió, São João Batista, São  
999 Vicente Ferrer, São Bento, Palmeirândia, Peri Mirim, Bequimão, Pinheiro, Santa Helena e  
1000 Turilândia (Figura 1). A área de estudo está localizada no Bioma Amazônia com vegetação  
1001 de cocais, campos inundáveis e remanescentes florestais (Ramsar, 2000). A classificação  
1002 climática de Köppen é tropical Am, Aw e As, com temperatura média anual de 25 °C,  
1003 pluviosidade total anual varia entre 1.600 e 2.000 mm concentrada entre janeiro e junho

1004 (Alvares et al., 2013). Os solos provêm de formações geológicas aluviais fluviomarinhas,  
 1005 tem baixa fertilidade natural, estrutura frágil e drenagem limitada (Martin et al., 1980).



1006 Figura 1. Localização da área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada  
 1007 Maranhense e as 33 unidades amostrais – meliponários / paisagens apícolas, estado do  
 1008 Maranhão, Amazônia oriental, Brasil 2020.

1009

## 1010 2.2 A abelha *Melipona fasciculata*

1011 A meliponicultura na APA é uma atividade tradicional difícil de determinar há quanto  
 1012 tempo existe; na década de 1950 havia alguns criadores com 2.000 colônias de *M. fasciculata*  
 1013 (Kerr, 1996), número muito superior aos relatos de outras espécies criadas na América  
 1014 Latina. A meliponicultura na APA tem importância na geração de renda de agricultores  
 1015 familiares (Kerr, 1996; Martins et al., 2011; Carvalho et al., 2016). As pesquisas sobre esta  
 1016 espécie tiveram impulso entre 1981 e 1988 com variadas linhas de pesquisa sendo  
 1017 conduzidas por Warwick Kerr (Tenório et al., 2012). Entre 2001 e 2011 o projeto “Abelhas  
 1018 Nativas” desenvolveu ações para a conservação e geração de renda da abelha *M. fasciculata*,  
 1019 havia 12.000 colônias em produção com 15 toneladas anuais comercializadas no mercado  
 1020 local e nacional (de Oliveira Alves, 2013).

1021 A *M. fasciculata* tem hábito generalista, no entanto, há méis monoflorais indicando  
 1022 plantas em abundância e com fartos recursos, o que sugere hábito especialista a depender da  
 1023 disponibilidade e dos ambientes (Barth, 2004; Gostinski et al., 2018). A maior oferta de



1024 recursos florais na região de estudo ocorre na estação seca, entre julho e dezembro e os  
1025 fatores temperatura, umidade e irradiação solar afetam o forrageamento e outras atividade  
1026 extranidais (de Oliveira Alves, 2013; Oliveira et al., 2021). Testes indicaram que a *M.*  
1027 *fasciculata* pode retornar ao seu ninhos distância de até 10km e o horário de pico para o  
1028 forrageamento ocorre às 9h da manhã (Nunes-Silva et al., 2020). As campeiras coletam  
1029 néctares florais e ao chegar no ninho transferem a solução para as abelhas receptoras mais  
1030 jovens dentro do ninho que por sua vez transferem para os potes para a maturação do mel  
1031 (Hart and Ratnieks, 2002). A expectativa de vida das operárias foi estimada entre 25 e 105  
1032 dias, o forrageamento inicia entre 25 e 33 dias; abelhas campeiras visitam outras colônias  
1033 próximas no meliponário, mais de 65% das campeiras, e não se deve a erro de localização,  
1034 fato que indica colaboração positiva mas com potencial perigo à sanidade das colônias  
1035 (Oliveira et al., 2021).

1036

### 1037 **2.3 Desenho experimental**

1038 Foram selecionados 33 meliponicultores familiares (criadores de *M. fasciculata*) para  
1039 participar desta pesquisa a partir da metodologia ‘bola de neve’ (Albuquerque et al., 2014),  
1040 as visitas nas residências foram feitas a partir de um informante chave que indicou os  
1041 seguintes e assim por diante até esgotar os limites e recursos da etapa de campo (metodologia  
1042 detalhada em Farfan et al., em prensa). A maioria dos selecionados usavam caixas do tipo  
1043 cabocla (sem medidas padronizadas) em localidades urbanas, periurbanas e rurais, e desses  
1044 excluímos alguns que criavam em troncos (1), ou eram iniciantes com produtividade nula  
1045 (10), ou não encontrados na ocasião da colheita do mel (3), ou se recusaram a participar (4).  
1046 A pesquisa foi autorizada pelo órgão ambiental do estado do Maranhão (Sema A08/2019).

1047

### 1048 **2.4 Coleta das amostras**

1049 Para coletar as amostras para as análises foi combinado previamente com cada  
1050 meliponicultor o sorteio e a reserva de três caixas dentre as que estavam em fase de produção  
1051 para garantir representatividade. Foram colhidas as amostras em novembro de 2019, com  
1052 todo o conteúdo de um ano de produção, respeitando o calendário anual de colheita habitual,  
1053 controlando a variação temporal da frequência de forrageamento de diferentes paisagens e  
1054 composições da flora (metodologia descrita em Farfan et al., em prensa), refletindo nas  
1055 características físico-químicas do mel. Para a colheita foi utilizada uma bomba sugadora  
1056 portátil elétrica à vácuo (Aspiramax MA520-60), de acordo com protocolo de higiene e

1057 recipientes (garrafas de plástico para alimentos com volume 2.000ml) esterilizados para  
1058 evitar contaminações do ambiente e entre amostras.

1059

## 1060 **2.5 Maturação do mel**

1061 Após a coleta, as garrafas pet com os méis foram acondicionadas em caixa de isopor  
1062 com bolsas de gelo para manter a temperatura de 25°C durante o transporte e posteriormente  
1063 foram mantidos no escuro a temperatura ambiente que variou entre 25 e 29°C para a  
1064 maturação, na cidade de São Luís – MA, adaptando a metodologia (Drummond, 2013;  
1065 Ribeiro et al., 2018; da Silva Cruz et al., 2021). A maturação foi conduzida liberando os  
1066 gases produzidos pela tampa, abrindo parcialmente a garrafa, a cada sete dias, até que  
1067 cessasse totalmente a produção de gases, o que ocorreu aos 180 dias (Drummond, 2013; de  
1068 Oliveira Alves, 2013; Camargo et al., 2017). Para realizar as análises das características  
1069 físico-químicas, filtramos e fracionamos subamostras de 250ml em recipientes de vidro  
1070 previamente esterilizados, a partir das garrafas pet.

1071

## 1072 **2.6 Análise físico-química do mel**

1073 As amostras foram enviadas para o laboratório de alimentos da Universidade Federal  
1074 de Santa Maria – UFSM para realização das análises físico-químicas, seguiram metodologia  
1075 padrão para méis de *A. mellifera* no Brasil (Zenebon et al., 2008), sendo realizadas em  
1076 triplicatas, o que ocorreu aos 12 meses após a colheita (150 dias após realizar subamostras,  
1077 atraso devido à pandemia Covid-19). Usamos como referência comparativa a legislação de  
1078 mel de meliponíneos dos estados da Bahia, São Paulo e Pará (ADAB, 2014; SAA, 2017;  
1079 ADEPARÁ, 2021).

1080 A umidade foi determinada por secagem direta em estufa. Açúcares redutores  
1081 (glicose e frutose) foram determinados com titulação de soluções de Fehling. A sacarose foi  
1082 determinada por inversão por hidrólise ácida. Sólidos insolúveis totais em água foram  
1083 definidos por gravimetria. Cinzas foram medidas pelo resíduo por incineração. Acidez livre  
1084 foi determinada por titulação com hidróxido de sódio. O pH foi mensurado com pHmetro.  
1085 HMF foi registrado com espectrofotômetro UV/VIS (Zenebon et al., 2008).

1086

## 1087 **2.7 Origem floral com melissopalinologia**

1088 Para a análise melissopalinológica, de cada um dos 33 meliponários, retiramos uma  
1089 subamostra de 15 ml de mel colhido e homogeneizado de cada caixa separadamente (ver

1090 item 2.3 e Farfan et al., em prensa), esta subamostra foi mantida resfriada a + 3°C até o  
1091 momento do preparo das lâminas por acetólise (Melhem et al., 2003). Uma lâmina foi  
1092 preparada de cada caixa de abelha estudada, 3 caixas x 33 meliponários = 99 lâminas (99  
1093 caixas estudadas). As mesmas amostras foram preparadas em paralelo sem acetólise para  
1094 analisar contaminantes visíveis ao microscópio (Barth, 2004).

1095 As lâminas foram submetidas a análises qualitativas e quantitativas por microscopia  
1096 para determinar a riqueza de espécies e a abundância relativa. Foram contados os grãos de  
1097 pólen nas três lâminas de cada meliponário e somados, determinando desta forma a origem  
1098 floral (riqueza e abundância) em cada meliponário. A identificação taxonômica das espécies  
1099 foi determinada de acordo com a literatura especializada (Carreira et al., 1996; Carreira and  
1100 Barth, 2003; Albuquerque et al., 2013), e o sistema de classificação adotado para o nível de  
1101 família botânica foi APG IV (Chase et al., 2016). Classificamos cada tipo de pólen  
1102 identificado por forma de vida: árvore, palmeira, arbusto, erva, videira, erva aquática (“Flora  
1103 do Brasil,” 2020; “RCPol – Rede de Catálogos Polínicos Online,” 2020).

1104

## 1105 **2.8 Mapeamento da paisagem da abelha**

1106 Consideramos como paisagem da abelha (unidade amostral) a área circular em torno  
1107 de cada um dos meliponários selecionados em um raio de 2.000 m (área equivalente a 1.256  
1108 hectares), controlando a variação espacial em todas as amostras e a frequência de forrageio.  
1109 O raio foi determinado com base no voo da abelha *M. fasciculata* (Nunes-Silva et al., 2020).  
1110 Coletamos dados de 2018 do uso e cobertura do solo (LULC) a partir do mapeamento  
1111 realizado pelo projeto MapBiomias (Souza et al., 2020). O MapBiomias realiza a classificação  
1112 anual do LULC dos biomas brasileiros com base em imagens de satélite do satélite Landsat,  
1113 com resolução espacial de 30 m. Definimos 12 classes nas paisagens estudadas: floresta  
1114 madura, vegetação secundária (subdividida em três classes 1-15 anos, 16-25 anos, 26-33  
1115 anos) (Silva Junior et al., 2020), água, mangue, área urbana, pastagem, agricultura, campo  
1116 de pastagem natural, planície de inundação e mosaico. A classificação 'mosaico' inclui  
1117 agricultura itinerante, pequenas pastagens e outras formações (Capanema et al., 2019). A  
1118 partir da classificação LULC de cada paisagem da abelha, calculamos o percentual da área  
1119 para cada classe ( $\% = \text{área da classe} / \text{área total} \times 100$ ). Essas métricas foram calculadas  
1120 usando o pacote de métricas de paisagem *landscapemetrics* no software R (Hesselbarth et  
1121 al., 2019) (Farfan et al., em prensa).

## 1122 **2.9 Análise de dados**

### 1123 **2.9.1 Preparação de matrizes**

1124 Para avaliar o efeito da origem floral e paisagem da abelha nas características físico-  
1125 químicas do mel, montamos quatro matrizes de dados. A: características físico-químicas; B:  
1126 forma de vida das espécies botânicas identificadas por meliponários (riqueza e abundância);  
1127 C: contagens das espécies botânicas identificadas; D: LULC porcentagem de cobertura das  
1128 classes (%) da paisagem da abelha (Farfan et al., em prensa).

1129 Os valores da análise físico-química que não tiveram distribuição gaussiana foram  
1130 transformados para melhorar sua distribuição com raiz quadrada (sacarose, pH, cinzas),  
1131 verificamos ausência de multicolinearidade e padronizamos (centralização e escalonamento  
1132 com z-score) cada variável (Borcard et al., 2011). A variável sólidos insolúveis totais não  
1133 foi utilizada na modelagem porque não reflete a origem floral ou o ambiente, mas a qualidade  
1134 da colheita. Para as contagens de espécies botânicas identificadas, aplicamos a  
1135 transformação de Hellinger recomendada para dados de abundância (Borcard et al., 2011).

1136 Os dados de mapeamento (LULC) da paisagem não apresentaram multinormalidade  
1137 (teste de Mardia  $p < 0,05$ ), 35,7% das variáveis continham mais de 50% de zeros; assim, não  
1138 foram realizadas transformações, apenas padronizamos todas as variáveis (Borcard et al.,  
1139 2011). Eliminamos as variáveis muito raras e aquelas com variância próxima a zero  
1140 (Marchant, 2002): mangue, agricultura. Assim, restaram dez variáveis de paisagem:  
1141 vegetação secundária 1-15 anos, vegetação secundária 16-25 anos, vegetação secundária 26-  
1142 33 anos, floresta madura, água, área urbana, pastagem, mosaico, campo natural e campo  
1143 inundável.

1144

### 1145 **2.9.2 Modelagem**

1146 Realizamos um conjunto de análises multivariáveis para definir as principais  
1147 variáveis que explicassem cada uma das características físico-químicas das amostras de  
1148 méis, com modelos independentes e aditivos (matriz A). Aplicamos uma análise de  
1149 redundância (RDA) usando as matrizes B, C, D como variáveis explicativas. RDA é um  
1150 método de análise multivariada que consiste em realizar uma regressão linear múltipla entre  
1151 as variáveis explicativas de uma matriz X com cada variável de resposta de uma matriz Y e,  
1152 em seguida, realizar uma Análise de Componentes Principais (PCA) sobre os valores  
1153 ajustados da matriz Y (Borcard et al., 2011). A análise foi realizada pelo pacote Vegan v.2.5-  
1154 7 (Oksanen et al., 2020). Fizemos uma seleção direta de variáveis usando a função ordistep

1155 do pacote Vegan com cada uma das matrizes separadamente como variáveis explicativas.  
1156 Para controlar a colinearidade entre as variáveis no modelo final, asseguramos que todas as  
1157 variáveis selecionadas tivessem um fator de inflação da variância (VIF) inferior a 10  
1158 (Borcard et al., 2011).

1159 Em seguida, com as mesmas variáveis selecionadas com a função ordistep de cada  
1160 modelo realizamos uma regressão linear múltipla para avaliar os coeficientes e verificar se  
1161 os pressupostos (normalidade da distribuição e variância constante dos resíduos) foram  
1162 atingidos, com os pacotes Stats v.4.0.5 e lmtest v.0.9-38. O conjunto das variáveis  
1163 selecionadas nos vários modelos independentes foram utilizados para a seleção de modelos  
1164 aditivos independentes que explicam as características físico-químicas. Utilizamos o mesmo  
1165 script para cruzar informações complementares desdobrando alguns modelos. Ao final  
1166 utilizamos regressões lineares simples com as variáveis mais evidentes e que permitiram  
1167 uma clareza e discussão sobre causa e efeito.

1168

### 1169 **3 Resultados**

#### 1170 **3.1 Características físico-químicas**

1171 O teor de umidade variou de 20,54 a 26,25 g/100g, açúcares redutores de 47,67 a  
1172 73,17 g/100g, sacarose de 0,74 a 26,28 g/100g, sólidos insolúveis totais em água de 0,007 a  
1173 0,67 g/100g, cinzas de 0,016 a 0,50g/100g, acidez de 25,82 a 134,44 meq/kg,  
1174 hidroximetilfurfural de 2,26 a 76,53mg/kg e o pH de 3,24 a 4,01 (Tabela 1 e dados completos  
1175 na Tabela 3 em material suplementar – SM).

1176 A umidade acima de 20% variou dentro das faixas de referências das três legislações  
1177 para méis de abelhas sem ferrão (ADAB, 2014; SAA, 2017; ADEPARÁ, 2021). Açúcares  
1178 redutores tiveram médias abaixo do valor mínimo estabelecidos nas legislações da Bahia e  
1179 São Paulo e dentro do valor mínimo do Pará (ADEPARÁ, 2021). Sacarose teve média acima  
1180 do valor máximo das três legislações. Sólidos insolúveis totais em água teve média acima  
1181 do valor máximo das três legislações. Cinzas tiveram média dentro do valor máximo das três  
1182 legislações. Acidez teve média acima do valor máximo nas legislações da Bahia e São Paulo  
1183 e dentro da faixa de acidez da legislação do Pará (ADEPARÁ, 2021). Hidroximetilfurfural  
1184 teve média acima do valor máximo das três legislações. O valor de pH estava dentro das  
1185 referências da legislação de São Paulo e Pará (SAA, 2017; ADEPARÁ, 2021).

1186

1187 Tabela 1. Características físico-químicas de 33 amostras de méis de *Melipona fasciculata* na  
 1188 APA da Baixada Maranhense maturados em 180 dias, temperatura ambiente 25-29°C em  
 1189 2021, legislação dos estados de Bahia (ADAB, 2014), São Paulo (SAA, 2017) e Pará  
 1190 (ADEPARÁ, 2021).

Característica	Média / desvio padrão	Bahia	São Paulo	Pará
Umidade (g/100g)	22,53 ± 1,19	19 a 35	20 a 40	20 a 40
Açúcares redutores (g/100g)	58,34 ± 5,72	Mín. 60	Mín. 60	Mín. 50
Sacarose (g/100g)	10,61 ± 5,60	Máx. 6	Máx. 6	Máx. 6
Sólidos insolúveis (g/100g)	0,17 ± 0,18	Máx. 0,1	Máx. 0,1	Máx. 0,1
Cinzas (g/100g)	0,15 ± 0,12	Máx. 0,6	Máx. 0,6	Máx. 0,6
Acidez (meq/kg)	66,85 ± 26,68	Máx. 50	Máx. 50	80 a 200
HMF (mg/kg)	38,31 ± 16,89	Máx. 10	Máx. 20	Máx. 20
pH	3,48 ± 0,21	-	2,9 a 4,5	2,5 a 4,5

1191

### 1192 3.2 Origem floral

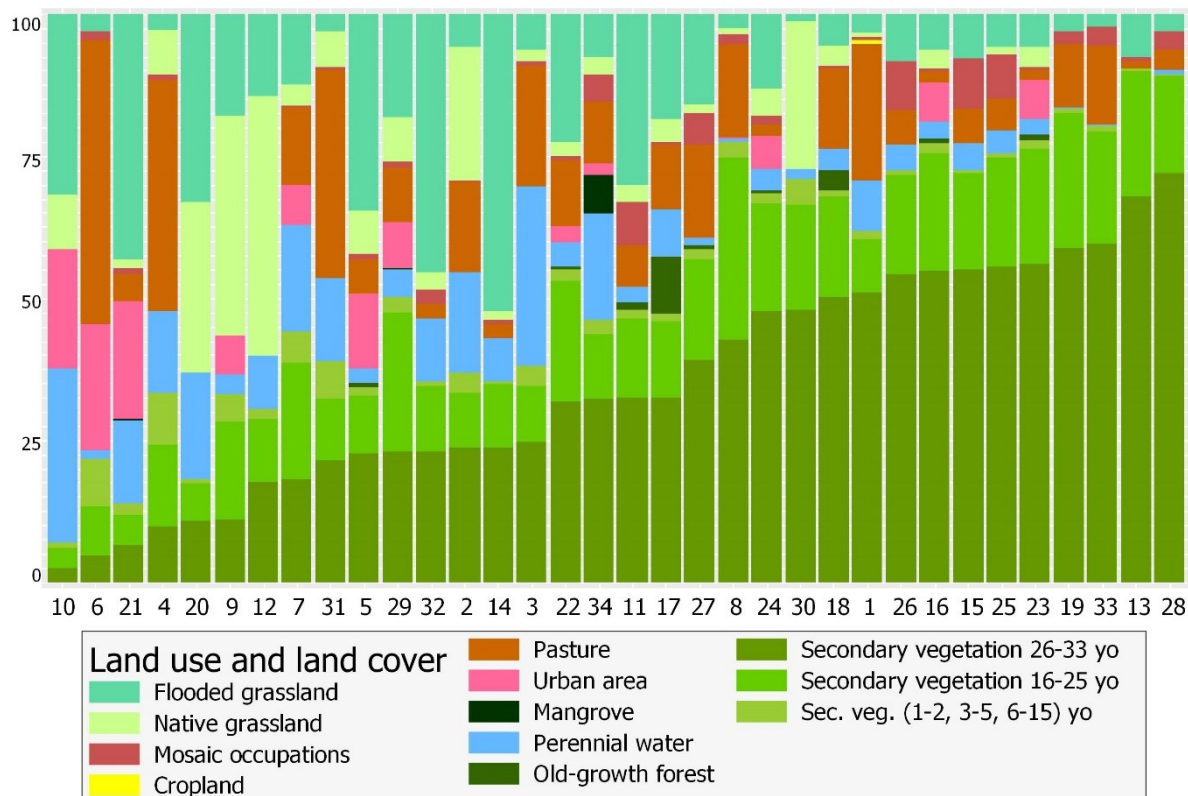
1193 Os méis analisados continham 76 tipos polínicos pertencentes a 23 famílias  
 1194 botânicas, das quais 50 foram identificadas em nível de espécie, 26 em nível de gênero e  
 1195 uma em nível de família, sendo a maioria das espécies nativas (84,2%), a maioria é da família  
 1196 *Fabaceae* (42,8%) (Tabela 4 em material suplementar – SM). Quanto à forma de vida do  
 1197 conjunto das espécies botânicas identificadas, 28,5% são arbóreas, 28,5% arbustivas, 15,6%  
 1198 herbáceas, 14,2% lianas, 0,05% palmeiras e 0,03% plantas aquáticas (Tabela 5 em material  
 1199 suplementar – SM). A análise de contaminantes não detectou contaminantes ou elementos  
 1200 estranhos.

1201

### 1202 3.3 Paisagem da abelha

1203 As classes que ocorreram em todas as 33 paisagens foram: vegetação secundária de  
 1204 26 a 33 anos que é a classe mais representativa com um gradiente de cobertura entre 2,4 e  
 1205 72% (34,8 ± 19,6); vegetação secundária (de 16 a 25 anos) ocupando de 3,6 a 32,2% (15,5  
 1206 ± 6,2); vegetação secundária (de 1 a 15 anos) variando entre 0,4 e 9% (2,3 ± 2,1); planície  
 1207 de inundação representada entre 1,3 e 52,4% (14,6 ± 14,0) e água permanente de 0,1 a 31,6%  
 1208 (8,1 ± 8,3). Outras classes importantes foram: pastagem que ocorreu em 29 paisagens  
 1209 variando entre 0 e 50% (10,8 ± 11,9); campo natural ocorrendo em 27 paisagens e ocupando  
 1210 entre 0 e 41,7% (7,2 ± 11,5); mosaico encontrado em 29 paisagens variando entre de 0 e 9%  
 1211 (2,0 ± 2,6) e floresta madura observada em 10 paisagens com 0 a 10% (0,5 ± 1,8) (Figura 2).

1212



1213 Figura 2. Classes das paisagens ao redor das 33 unidades amostrais – meliponários /  
 1214 paisagens apícolas, organizadas em gradiente de cobertura com vegetação secundária de 26  
 1215 a 33 anos, na área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada Maranhense,  
 1216 estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil 2020.  
 1217

### 1218 3.4 Modelagem para características físico-químicas

1219 Apenas sacarose e HMF não se relacionaram com origem floral ou classes das  
 1220 paisagens estudadas. Os modelos originais independentes (Tabela 2) são: **i)** méis com mais  
 1221 açúcares redutores estão relacionados positivamente com plantas aquáticas (abundância),  
 1222 *Eichhornia crassipes* e *Mimosa pudica* (modelos 1 e 5); **ii)** méis com mais cinzas estão  
 1223 relacionados positivamente com *Camptosema* sp. e mosaico (modelos 2 e 6) e negativamente  
 1224 com *Mimosa verrucosa* (modelo 2); **iii)** méis com maior pH estão relacionados  
 1225 positivamente com palmeiras (abundância) (modelo 3) e área urbana (modelo 7) e  
 1226 negativamente a água permanente (modelo 7); **iv)** méis com maior umidade estão  
 1227 relacionados negativamente com arbustos (riqueza) (modelo 4); **v)** méis com maior acidez  
 1228 estão relacionados positivamente com pasto e mosaico e negativamente com área urbana e  
 1229 vegetação secundária de 1 a 15 anos (modelo 8).

1230

1231 Tabela 2. Significância e valor de R<sup>2</sup> ajustado de modelo de regressão múltipla selecionados com RDA, todos os modelos atendem requisitos da regressão linear,  
 1232 efeitos positivos e negativos de variáveis explicativas das características físico-químicas de méis maturados de *Melipona fasciculata*, na Área de Proteção  
 1233 Ambiental da Baixada Maranhense (APA), estado do Maranhão, Leste da Amazônia, Brasil, em 2019.

Etapa	n	Modelo	p	R <sup>2</sup> ajustado
modelo original independente	1	Açúcares redutores ~ plantas aquáticas (abundância)	0,009	0,17
	2	Cinzas ~ <i>Camptosema</i> sp. – <i>Mimosa verrucosa</i>	0,0006	0,34
	3	pH ~ palmeiras (abundância)	0,0001	0,35
	4	Umidade ~ – arbustos (riqueza)	0,001	0,36
	5	Açúcares redutores ~ <i>Eichhornia crassipes</i> + <i>Mimosa pudica</i>	0,0004	0,36
paisagem da abelha	6	Cinzas ~ mosaico	0,02	0,12
	7	pH ~ área urbana – água permanente	0,003	0,27
	8	Acidez ~ pasto + mosaico – área urbana – vegetação secundária < 15 anos	0,0001	0,48
modelo aditivo independente	9	pH ~ palmeiras (abundância) + área urbana – água permanente	0,0000001	0,65

1234

1235

1236



1237 O modelo aditivo independente (Tabela 2) selecionado foi: méis com maior pH tem  
1238 relação positiva com palmeiras (abundância), área urbana e negativa com água permanente  
1239 (modelo 9). O comportamento das variáveis resposta (físico-químicas) e explicativas  
1240 (origem floral e paisagens) selecionadas nos modelos podem ser visualizados na análise de  
1241 redundância (RDA) e em regressões lineares (Figura 3 em SM).

1242 O modelo 4 foi desdobrado para evidenciar qual classe de cobertura está associada à  
1243 riqueza de arbustos, sendo ele: vegetação secundária com menos de 15 anos ( $R^2=0,23$ ,  
1244  $p=0,002$ ). O modelo 6 foi desdobrado para evidenciar quais espécies estão associadas a  
1245 mosaico, são elas: *Pontederia parviflora* e *Serjania lethalis* ( $R^2=0,31$ ,  $p=0,001$ ). O modelo  
1246 7 foi desdobrado para evidenciar quais espécies estão associadas a área urbana e água  
1247 permanente: i) área urbana: *Vernonia polyanthes*, *Psidium guajava*, *Eucalyptus globulus* e  
1248 *Merremia aegyptia* ( $R^2=0,66$   $p=0,0001$ ); ii) água permanente: *Eriophorum vaginatum*  
1249 ( $R^2=0,17$   $p=0,008$ ). O modelo 8 foi desdobrado para evidenciar quais espécies estão  
1250 associadas a pasto, são elas: *Eriophorum vaginatum*, *Plathymenia* sp. e *Vernonia polyanthes*  
1251 ( $R^2=0,74$ ,  $p=0,0001$ ).

1252 Nas figuras 3 e 4 (SM) encontram-se a análise de redundância com o comportamento  
1253 das variáveis e regressões lineares com as principais variáveis explicativas das características  
1254 físico-químicas selecionadas nos modelos.

1255

#### 1256 **4 Discussão**

1257 As características definidas nas análises apresentadas são típicas de méis de abelhas  
1258 nativas sem ferrão quando comparadas com as legislações de referência (ADAB, 2014;  
1259 SAA, 2017; ADEPARÁ, 2021), confirmam a dificuldade de caracterizar méis de tantas  
1260 espécies e variações conforme os ambientes e as condições de armazenamento (Menezes et  
1261 al., 2013). A maior similaridade das características físico-químicas é com a legislação do  
1262 Pará (ADEPARÁ, 2021), especificamente açúcares redutores, acidez e pH, o que era  
1263 esperado por causa do Bioma amazônico e a existência da mesma espécie *M. fasciculata*  
1264 naquele estado, enquanto que outras legislações são de estados que não registram a espécie  
1265 nem o mesmo bioma.

1266 As características físico-químicas aqui identificadas provavelmente são aquelas  
1267 reconhecidas e preferenciais dos consumidores que apreciam os méis maturados  
1268 (Drummond, 2013) da região norte maranhense. As principais características advindas da  
1269 maturação são baixos valores de pH e alta acidez (da Silva Cruz et al., 2021). O pH ficou

1270 dentro da faixa da legislação do Pará mas, abaixo de outros valores encontrados com méis  
1271 maturados de *M. fasciculata* e *M. scutellaris* (Fernandes et al., 2018; da Silva Cruz et al.,  
1272 2021; ADEPARÁ, 2021). A temperatura ambiente variável entre dia e noite, e não fixa em  
1273 câmara climática (da Silva Cruz et al., 2021), pode ter favorecido maiores valores de acidez  
1274 e HMF. Não encontramos variáveis explicativas para HMF nem sacarose, o que sugere que  
1275 outros fatores de armazenamento não estudados aqui sejam determinantes para estas  
1276 características (da Silva Cruz et al., 2021). A ausência de contaminantes ou elementos  
1277 estranhos nas amostras indicam a um perfil higiênico da abelha, assim como o método  
1278 utilizado para colheita das amostras.

1279 A identificação das espécies botânicas caracterizou paisagens típicas da APA com a  
1280 participação de arbustos, árvores, plantas aquáticas e palmeiras. A predominância  
1281 (abundância) de arbustos, ervas e plantas aquáticas são semelhantes a outros relatos  
1282 (Albuquerque et al., 2013; Gostinski et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). Os 76 tipos polínicos  
1283 identificados em nível de espécies, gêneros e família, a maioria nativa, é condizente com a  
1284 grande biodiversidade tropical amazônica e contextualiza a relação de dependência da *M.*  
1285 *fasciculata* com os múltiplos recursos florais locais e vice-versa (Ribeiro et al., 2019).

1286 A paisagem do entorno dos meliponários contém principalmente vegetação  
1287 secundária em idade avançada (26 a 33 anos) que são indícios de regeneração natural  
1288 observáveis em outros estudos (Silva Junior et al., 2020). A característica de vegetação  
1289 secundária tem impacto na flora disponível, tal como a predominância de arbustos que  
1290 somado à típica paisagem com campos inundáveis e água permanente distingue esta área de  
1291 Amazônia com terras úmidas (Ramsar, 2000) e corresponde com os modelos apresentados.

1292 O conjunto de modelos que relacionaram forma de vida, espécies e classes da  
1293 paisagem do entorno da abelha com as características físico-químicas dão indicações sobre  
1294 as fontes de variações, e permitem supor que há outros fatores não testados e igualmente  
1295 importantes, dentre eles a composição de microrganismos e as condições de armazenamento  
1296 durante a maturação (Morais et al., 2013; da Silva Cruz et al., 2021).

1297

#### 1298 **4.1 Açúcares redutores, cinzas e umidade**

1299 Os constituintes majoritários do mel são os açúcares redutores (Fuenmayor et al.,  
1300 2013) mesmo após a maturação. A concentrações de açúcar em soluções coletadas por oito  
1301 espécies abelhas sem ferrão de outra região do Brasil foram medidas e variaram de 0% (água)  
1302 a 75% (I'Anson Price, 2018). A abundância de plantas aquáticas em algumas amostras

1303 chegou a 82,9% e *E. crassipes*, planta aquática, foi a planta mais abundante (Tabela 4).  
1304 Portanto, a concentração de açúcares do néctar de *E. crassipes* e de *M. pudica* provavelmente  
1305 são determinantes dos açúcares redutores em méis de *M. fasciculata* e merecem mais  
1306 estudos. As duas plantas são conhecidas dentre as que fornecem recursos para abelhas e  
1307 muito presentes em méis de *M. fasciculata* (Martins et al., 2011; Albuquerque et al., 2013;  
1308 Gostinski et al., 2018).

1309 A espécie *E. crassipes* é considerada uma planta invasora de grande importância na  
1310 Europa (Nentwig et al., 2018), de origem amazônica (EPPO, 2008) ela importante para  
1311 caracterizar os padrões físico-químicos de méis das nossas amostras. Ela está associada ao  
1312 efeito positivo nos açúcares redutores, efeito negativo na acidez e na umidade. É uma espécie  
1313 aquática, perene, nectarífera com larga distribuição nos trópicos, possui flores grandes, guias  
1314 de néctar e, portanto, adaptadas à polinização de insetos (Barrett, 1977; Albuquerque et al.,  
1315 2013). As propriedades físico-químicas do seu néctar provavelmente respondem pelos  
1316 efeitos no mel, mas não encontramos estudos indicando suas características.

1317 A resposta positiva do teor de cinzas nos méis com *Camptosema* sp. pode ser  
1318 explicado pelo maior conteúdo de minerais, que dependente das espécies, origem geográfica  
1319 e dos grãos de pólen (Wright et al., 2018). O teor de sais é utilizado como critério de  
1320 diferenciação entre alguns méis com identidade geográfica, o potássio é o mineral em maior  
1321 quantidade (Fuenmayor et al., 2013). Este tipo polínico do gênero *Camptosema* deveria ser  
1322 mais estudado para determinação da espécie, não se conhece os recursos associados à esta  
1323 fonte. As espécies associadas a mosaico, que responde positivamente a cinzas, *P. parviflora*,  
1324 (planta aquática) e *S. lethalis*, (liana), reforça a importância de plantas do habitat terras  
1325 úmidas característico da APA.

1326 A relação negativa entre umidade dos méis e a riqueza de arbustos tem uma hipótese  
1327 explicativa, riqueza de arbustos está associada a vegetação secundária com menos de 15  
1328 anos, são ambientes mais abertos com plantas que oferecem néctares menos concentrados  
1329 favorecendo a produção de méis com mais umidade. Nossos dados oferecem uma explicação  
1330 sobre a variação da umidade do mel dentro da região amazônica. Méis de *M. fasciculata*  
1331 colhidos no cerrado continham menos umidade do que méis colhidos na amazônia ( $23,7\% \pm$   
1332  $0,27$  e  $27,2\% \pm 1,48$  respectivamente,  $n = 40$ , Student's t test,  $p \leq 0.05$ ) (Fernandes et al.,  
1333 2018), o Cerrado é um bioma com menor umidade e vegetação mais aberta. Testes sensoriais  
1334 comparando méis da APA e do cerrado (Fernandes et al., 2020) avaliaram negativamente  
1335 méis da APA devido o teor de umidade, que aumenta a fluidez e afeta a percepção sensorial.

1336 Novas pesquisas com a mesma metodologia, com méis da APA, com jurados treinados e  
1337 conhecedores dos méis da APA contribuiriam para melhor aferição de padrões de identidade,  
1338 qualidade oferecendo uma percepção sensorial mais realista.

1339

#### 1340 **4.2 Acidez e pH**

1341 Nos modelos independentes, a relação positiva de méis com maior acidez com o  
1342 percentual de áreas de pasto e mosaico tem maior probabilidade ser reflexo das espécies de  
1343 plantas associadas à essas classes da paisagem, indicadas no item 3.4, onde pelo menos duas  
1344 delas são exóticas (*Eriophorum vaginatum* e *Vernonia polyanthes*) confirmando ambiente  
1345 antropizado. Nas áreas de mosaico e pasto ocorre o uso do fogo na agricultura itinerante e  
1346 pequenas pastagens que influenciam diretamente na distribuição das espécies vegetais  
1347 (Junior et al., 2016; Capanema et al., 2019).

1348 O aumento da acidez durante a maturação do mel nos potes da colmeia envolve a  
1349 ação das leveduras osmofílicas dos gêneros *Candida* e *Starmerella*, bactérias Actinomicetos  
1350 *Streptomyces* e *Bacillus* presentes naturalmente em cada conjunto de méis e que promovem  
1351 efeitos conservativos e as fermentações promotoras da acidez (Morais et al., 2013; Camargo  
1352 et al., 2017; da Silva Cruz et al., 2021). Após a colheita os microrganismos continuam  
1353 metabolizando os carboidratos em proporções variáveis de álcool, ácidos orgânicos a  
1354 depender da mistura de néctares e pólenes da origem floral, aumentando a acidez e reduzindo  
1355 o pH (Menezes et al., 2013; da Silva Cruz et al., 2021).

1356 O efeito oposto da acidez com área urbana e vegetação secundária com menos de 15  
1357 anos são pistas iniciais sobre as características físico-químicas do seu néctar, e deve estar  
1358 associado à flora e qualidade dos néctares daqueles ambientes, mas, optamos por não avaliar  
1359 esse desdobramento.

1360 O efeito da abundância de palmeiras no aumento do pH pode ser explicado em parte  
1361 pela reação mais alcalina de sais minerais presentes no pólen e néctar de palmeiras, como o  
1362 potássio, sódio, cálcio que tem reação alcalina (Majewska et al., 2019; Durazzo et al., 2021).  
1363 O pH é definido pelos néctares, secreções das abelhas e concentrações dos minerais durante  
1364 a maturação e tem uma relação inibitória do crescimento microbiano (Dardón et al., 2013).

1365 A contribuição no teor de cinzas e íons alcalinizantes das palmeiras nos méis  
1366 estudados pode ser explicada pela característica ruderal com alta dominância da espécie  
1367 *Attalea speciosa*, que mobiliza minerais escassos do solo com maior eficiência que outras

1368 espécies. Potássio, cálcio, magnésio, fósforo são absorvidos por meio de conhecidas  
1369 associações com micorrizas arbusculares (Nobre et al., 2018; Gehring et al., 2020).

1370 Por outro lado, o efeito da área urbana no aumento do pH pode ser explicada pelo  
1371 conjunto da flora associada (*Vernonia polyanthes*, *Psidium guajava*, *Eucalyptus globulus* e  
1372 *Merremia aegyptia*), solos mais alcalinos ou áreas próximas aos mangues e o mar devido às  
1373 águas salinas, as áreas urbanas estão próximas de áreas com água (Pinheiro and Machado,  
1374 2016). O efeito negativo do pH e com a água permanente, indica que ambientes com muita  
1375 água permanente favorecem méis ácidos, a espécie exótica *Eriophorum vaginatum* foi a  
1376 única associada a essa classe do mapeamento. Além do conjunto da flora, solos mais ácidos  
1377 devido à poluição das áreas urbanas poderiam ampliar este efeito (Pinheiro and Machado,  
1378 2016).

1379 Apresentamos aqui um primeiro estudo sistemático das características físico-  
1380 químicas dos méis maturados de *M. fasciculata* da APA da Baixada Maranhense, que  
1381 fornece informações sobre sua variabilidade e as fontes de variação, que contribuirá para a  
1382 regulamentação dos méis de tiuba, critérios de qualidade dos méis, atribuição de valor às  
1383 paisagens naturais e a valorização da atividade dos meliponicultores familiares.

1384

## 1385 **5 Conclusão**

1386 Em geral, nossas amostras de méis *Melipona fasciculata* eram semelhantes em  
1387 relação à legislação do Pará, exceto para sacarose, HMF e sólidos insolúveis, com médias  
1388 maiores. As diferentes paisagens rurais antropizadas típicas da APA da Baixada Maranhense  
1389 com abundantes palmeiras, riqueza de espécies de arbustos e os característicos campos  
1390 inundáveis e sua flora associada contribuem para definição de açúcares redutores, cinzas,  
1391 acidez e pH dos méis estudados.

1392

## 1393 **Referências**

1394 ADAB, 2014. Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia. Technical regulation of  
1395 identity and quality of stingless social bee honey, genus *Melipona* (Nº 207 de 21/11/2014,  
1396 pp. 1–9).

1397 ADEPARÁ, 2021. AGÊNCIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO PARÁ  
1398 - ADEPARÁ, Portaria Nº 7554/2021, 22 de Novembro de 2021.

- 1399 Albuquerque, P.M., Gostinski, L. F., Rego, M.M.C, Carreira, L., 2013. Flores e Abelhas: a  
1400 interação da tíuba (*Melipona fasciculata*, *Meliponini*) com suas fontes florais na Baixada  
1401 Maranhense. EDUFMA, São Luís.
- 1402 Albuquerque, U.P., Cunha, L.V.F.C. da, Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), 2014.  
1403 Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology, Springer Protocols  
1404 Handbooks. Humana Press. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
- 1405 Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013.  
1406 Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 711–728.  
1407 <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- 1408 Barbiéri, C., Francoy, T.M., 2020. Theoretical model for interdisciplinary analysis of  
1409 human activities: Meliponiculture as an activity that promotes sustainability. *Ambient. soc.*  
1410 23. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190020r2vu2020L4AO>
- 1411 Barrett, S.C.H., 1977. Tristyly in *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (Water Hyacinth).  
1412 *Biotropica* 9, 230–238. <https://doi.org/10.2307/2388140>
- 1413 Barth, O.M., 2004. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys,  
1414 propolis and pollen loads of bees. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)* 61, 342–350.  
1415 <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000300018>
- 1416 Bogdanov, S., Haldimann, M., Luginbühl, W., Gallmann, P., 2007. Minerals in honey:  
1417 environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research* 46,  
1418 269–275. <https://doi.org/10.1080/00218839.2007.11101407>
- 1419 Bogdanov, S., Martin, P., Lullman, C., 1997. Harmonised methods of the european honey  
1420 commission. *Apidologie*, Paris: Issue Spec. 51–52.
- 1421 Borcard, D., Gillet, F., Legendre, P., 2011. *Numerical Ecology with R, Use R!* Springer-  
1422 Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7976-6>
- 1423 Braghini, F., Biluca, F.C., Schulz, M., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O., Fett, R., 2021.  
1424 Stingless bee honey: a precious but unregulated product - reality and expectations. *Food*  
1425 *Reviews International* 0, 1–30. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1884875>
- 1426 Brancalion, P.H.S., Niamir, A., Broadbent, E., Crouzeilles, R., Barros, F.S.M., Zambrano,  
1427 A.M.A., Baccini, A., Aronson, J., Goetz, S., Reid, J.L., Strassburg, B.B.N., Wilson, S.,  
1428 Chazdon, R.L., 2019. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes.  
1429 *Science Advances* 5, eaav3223. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aav3223>
- 1430 BRASIL, 2000. Instrução Normativa n 11, de 20 de outubro de 2000. Aprova o  
1431 Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (v. 48, pp. 1–5). Ministério da  
1432 Agricultura Secretaria de Defesa Agropecuária Departamento de Inspeção de Produtos de  
1433 Origem Animal – DIPOA.
- 1434 Camargo, R.C.R. de, Oliveira, K.L. de, Berto, M.I., 2017. Mel de abelhas sem ferrão:  
1435 proposta de regulamentação. *Braz. J. Food Technol.* 20. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15716>  
1436

- 1437 Camargo, J.M.F., Pedro, S.R.M., 2013. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S.,  
1438 Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the  
1439 Neotropical Region - online version.
- 1440 Capanema, V., Sanches, I., Escada, M., 2019. Comparação entre os produtos temáticos de  
1441 uso e cobertura da terra do Terraclass Amazônia e Mapbiomas: teste de aderência entre  
1442 classes. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33070.74561>
- 1443 Carreira, L.M.M., Barth, O.M., 2003. Atlas de pólen da vegetação de cangas da Serra de  
1444 Carajás, Coleção Adolpho Ducke. Goeldi Editoração, Belém, Pará.
- 1445 Carreira, L.M.M., Silva, M.F. da, Lopes, J.R.C., Nascimento, L.A.S., 1996. Catálogo de  
1446 Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira, Coleção Adolpho Ducke. Laís Zumero.
- 1447 Carvalho, G.C.A., Ribeiro, M.H.M., Araújo, A.C.A.M., Barbosa, M. de M., Oliveira, F.  
1448 dos S., Albuquerque, P.M.C. de, 2016. Flora de importância polínica utilizada por  
1449 Melipona (*Melikerria*) fasciculata SMITH, 1854 (HYMENOPTERA: APIDAE:  
1450 MELIPONINI) em uma área de floresta amazônica na região da Baixada Maranhense,  
1451 Brasil. *Oecologia Australis* 20. <https://doi.org/10.4257/oeco.2016.2001.05>
- 1452 Chase, M.W., Christenhusz, M.J.M., Fay, M.F., Byng, J.W., Judd, W.S., Soltis, D.E.,  
1453 Mabberley, D.J., Sennikov, A.N., Soltis, P.S., Stevens, P.F., 2016. An update of the  
1454 Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering  
1455 plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181, 1–20.  
1456 <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- 1457 Chuttong, B., Chanbang, Y., Sringarm, K., Burgett, M., 2016. Physicochemical profiles of  
1458 stingless bee (*Apidae*: *Meliponini*) honey from South East Asia (Thailand). *Food*  
1459 *Chemistry* 192, 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.089>
- 1460 Cortopassi-Laurino, M., Imperatriz-Fonseca, V.L., Roubik, D.W., Dollin, A., Heard, T.,  
1461 Aguilar, I., Venturieri, G.C., Eardley, C., Nogueira-Neto, P., 2006. Global meliponiculture:  
1462 challenges and opportunities. *Apidologie* 37, 275–292.  
1463 <https://doi.org/10.1051/apido:2006027>
- 1464 da Silva Cruz, L.F., Lemos, P.V.F., Santos, T. de S., Tavares, P.P.L.G., Nascimento, R.Q.,  
1465 Almeida, L.M.R., de Souza, C.O., Druzian, J.I., 2021. Storage conditions significantly  
1466 influence the stability of stingless bee (*Melipona scutellaris*) honey. *Journal of Apicultural*  
1467 *Research* 0, 1–12. <https://doi.org/10.1080/00218839.2021.1950971>
- 1468 Dardón, M.J., Maldonado-Aguilera, C., Enríquez, E., 2013. The Pot-Honey of Guatemalan  
1469 Bees, in: *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. New York.
- 1470 de Oliveira Alves, R.M., 2013. Production and Marketing of Pot-Honey, in: Vit, P., Pedro,  
1471 S.R.M., Roubik, D. (Eds.), *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. Springer, New York,  
1472 NY, pp. 541–556. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7\\_40](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7_40)
- 1473 Deliza, R., Vit, P., 2013. Sensory Evaluation of Stingless Bee Pot-Honey. Chapter 24, in:  
1474 *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. Springer Science & Business Media, New York,  
1475 EEUU, pp. 349–361.

- 1476 Donkersley, P., 2019. Trees for bees. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 270–271,  
1477 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.10.024>
- 1478 Drummond, M.S., 2013. Maturation of stingless bee pot-honey: a new frontier in the  
1479 gastronomical market, in: VIT, Patricia; ROUBIK, David W. *Stingless Bees Process*  
1480 *Honey and Pollen in Cerumen Pots*. Editor Institucional, Venezuela.
- 1481 Drummond, M.S., 2008. Nova técnica de processamento do mel de abelhas nativas para  
1482 fins comerciais - a maturação. Presented at the 17º Congresso Brasileiro de Apicultura e 3º  
1483 de Meliponicultura, 2008, Belo Horizonte.
- 1484 Durazzo, A., Lucarini, M., Plutino, M., Lucini, L., Aromolo, R., Martinelli, E., Souto,  
1485 E.B., Santini, A., Pignatti, G., 2021. Bee Products: A Representation of Biodiversity,  
1486 Sustainability, and Health. *Life* 11, 970. <https://doi.org/10.3390/life11090970>
- 1487 Engels, W., 2015. The first record on Brazilian stingless bees published 450 years ago by  
1488 Hans Staden [WWW Document]. *GMR | Genetics and Molecular Research | The Original*  
1489 *by FUNPEC-RP*. URL <https://www.geneticsmr.com/articles/675> (accessed 10.6.21).
- 1490 EPPO, 2008. *Eichhornia crassipes*. *EPPO Bulletin* 38, 441–449.
- 1491 Feeny, P., 1976. Plant Appearance and Chemical Defense, in: Wallace, J.W., Mansell, R.L.  
1492 (Eds.), *Biochemical Interaction Between Plants and Insects, Recent Advances in*  
1493 *Phytochemistry*. Springer US, Boston, MA, pp. 1–40. [https://doi.org/10.1007/978-1-4684-](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5_1)  
1494 [2646-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2646-5_1)
- 1495 Fernandes, R.T., Rosa, I.G., Conti-Silva, A.C., 2020. Honey from Tiúba stingless bees  
1496 (*Melipona fasciculata*) produced in different ecosystems: physical and sensory studies.  
1497 *Journal of the Science of Food and Agriculture* 100, 3748–3754.  
1498 <https://doi.org/10.1002/jsfa.10415>
- 1499 Fernandes, R.T., Rosa, I.G., Conti-Silva, A.C., 2018. Microbiological and physical-  
1500 chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two  
1501 regions of Brazil. *Cienc. Rural* 48. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180025>
- 1502 Fischer, J., Riechers, M., Loos, J., Martin-Lopez, B., Temperton, V.M., 2021. Making the  
1503 UN Decade on Ecosystem Restoration a Social-Ecological Endeavour. *Trends in Ecology*  
1504 *& Evolution* 36, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.08.018>
- 1505 Flora do Brasil [WWW Document], 2020. URL  
1506 [http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ResultadoDaConsulta](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ResultadoDaConsultaNovaConsulta.do#CondicaoTaxonCP)  
1507 [NovaConsulta.do#CondicaoTaxonCP](http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/ConsultaPublicaUC/ResultadoDaConsultaNovaConsulta.do#CondicaoTaxonCP) (accessed 9.15.20).
- 1508 Fuenmayor, C.A., Díaz-Moreno, A.C., Zuluaga-Domínguez, C.M., Quicazán, M.C., 2013.  
1509 Honey of Colombian Stingless Bees: Nutritional Characteristics and Physicochemical  
1510 Quality Indicators. In: *Pot-Honey, a legacy of stingless bees*, in: *Pot-Honey, a Legacy of*  
1511 *Stingless Bees*. Springer New York Heidelberg Dordrecht London, New York, p. 654.
- 1512 Garibaldi, L.A., Carneiro, L.G., Vaissière, B.E., Gemmill-Herren, B., Hipólito, J.,  
1513 Freitas, B.M., Ngo, H.T., Azzu, N., Sáez, A., Åström, J., An, J., Blochtein, B., Buchori, D.,  
1514 García, F.J.C., Silva, F.O. da, Devkota, K., Ribeiro, M. de F., Freitas, L., Gaglianone,



- 1515 M.C., Goss, M., Irshad, M., Kasina, M., Filho, A.J.S.P., Kiill, L.H.P., Kwapong, P., Parra,  
1516 G.N., Pires, C., Pires, V., Rawal, R.S., Rizali, A., Saraiva, A.M., Veldtman, R., Viana,  
1517 B.F., Witter, S., Zhang, H., 2016. Mutually beneficial pollinator diversity and crop yield  
1518 outcomes in small and large farms. *Science* 351, 388–391.  
1519 <https://doi.org/10.1126/science.aac7287>
- 1520 Gehring, C., Zelarayán, M.C., Luz, R.L., Almeida, R.B., Boddey, R.M., Leite, M.F.A.,  
1521 2020. Babassu palm (*Attalea speciosa* Mart.) super-dominance shapes its surroundings via  
1522 multiple biotic, soil chemical, and physical interactions and accumulates soil carbon: a case  
1523 study in eastern Amazonia. *Plant Soil* 454, 447–460. [https://doi.org/10.1007/s11104-020-](https://doi.org/10.1007/s11104-020-04580-7)  
1524 [04580-7](https://doi.org/10.1007/s11104-020-04580-7)
- 1525 Gostinski, L.F., Oliveira, F.F., Contrera, F.A.L., Albuquerque, P.M.C. de, 2018. Nicho  
1526 trófico e partição de fontes polínicas por duas espécies de *Melipona* (Hymenoptera,  
1527 Apidae) na Amazônia oriental. *Oecologia Australis* 22.  
1528 <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2204.08>
- 1529 Hart, A.G., Ratnieks, F.L.W., 2002. Task partitioned nectar transfer in stingless bees  
1530 (*Meliponini*): work organisation in a phylogenetic context. *Ecological Entomology* 27,  
1531 163–168.
- 1532 Hesselbarth, M.H.K., Sciaini, M., With, K.A., Wiegand, K., Nowosad, J., 2019.  
1533 landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. *Ecography* 42,  
1534 1648–1657. <https://doi.org/10.1111/ecog.04617>
- 1535 I'Anson Price, R., 2018. The adaptive significance of communication and learning in bees  
1536 (PhD thesis). University of Lausanne, Switzerland.
- 1537 Iglesias, A., Feás, X., Rodrigues, S., Seijas, J.A., Vázquez-Tato, M.P., Dias, L.G.,  
1538 Estevinho, L.M., 2012. Comprehensive study of honey with protected denomination of  
1539 origin and contribution to the enhancement of legal specifications. *Molecules* 17, 8561–  
1540 8577. <https://doi.org/10.3390/molecules17078561>
- 1541 Junior, C.H.L.S., Freire, A.T.G., Rodrigues, T.C.S., Viegas, J.C., Bezerra, D. da S., 2016.  
1542 Dinâmica das queimadas na baixada maranhense. *InterEspaço: Revista de Geografia e*  
1543 *Interdisciplinaridade* 2, 355–375. [https://doi.org/10.18766/2446-](https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaço.v2n5p355-375)  
1544 [6549/interespaço.v2n5p355-375](https://doi.org/10.18766/2446-6549/interespaço.v2n5p355-375)
- 1545 Katsanos, D., Retalis, A., Michaelides, S., 2016. Validation of a high-resolution  
1546 precipitation database (CHIRPS) over Cyprus for a 30-year period. *Atmospheric Research*  
1547 169, 459–464. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.05.015>
- 1548 Kerr, W., 1996. *Biologia e manejo da tíuba: a abelha do Maranhão*.
- 1549 Majewska, E., Drużyńska, B., Wołoskiak, R., 2019. Determination of the botanical origin of  
1550 honeybee honeys based on the analysis of their selected physicochemical parameters  
1551 coupled with chemometric assays. *Food Sci Biotechnol* 28, 1307–1314.  
1552 <https://doi.org/10.1007/s10068-019-00598-5>

- 1553 Marchant, R., 2002. Do rare species have any place in multivariate analysis for  
1554 bioassessment? *Journal of the North American Benthological Society* 21, 311–313.  
1555 <https://doi.org/10.2307/1468417>
- 1556 Martin, L., Suguio, K., Flexor, J.M., Bittencourt, A., Vilas-Boas, G., 1980. Le quaternaire  
1557 marin brésilien (littoral pauliste, Sud fluminense et bahianais) 30.
- 1558 Martins, A.C.L., Rêgo, M.M.C., Carreira, L.M.M., Albuquerque, P.M.C. de, 2011. Pollen  
1559 spectrum of honey of “tiúba” (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, Hymenoptera, Apidae).  
1560 *Acta Amazonica* 41, 183–190. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672011000200001>
- 1561 Melhem, Cruz-Barros, M.A.V., Correa, A.M.S., Makino-Watanabe, H., Silvestre-Capelato,  
1562 M.S.F., Esteves, V.L.G., 2003. Variabilidade polinica em plantas de Campos do Jordao  
1563 (São Paulo, Brasil). *Boletim do Instituto de Botanica* 16, 9–104.
- 1564 Menezes, C., Vollet-Neto, A., Contrera, F.A.F.L., Venturieri, G.C., Imperatriz-Fonseca,  
1565 V.L., 2013. The Role of Useful Microorganisms to Stingless Bees and Stingless  
1566 Beekeeping. In: *Pot-Honey*, 1st ed. Springer, New York.
- 1567 Morais, P.B., Calaça, P.S.S.T., Rosa, C.A., 2013. Microorganisms Associated with  
1568 Stingless Bees, in: *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. Springer.
- 1569 Nentwig, W., Bacher, S., Kumschick, S., Pyšek, P., Vilà, M., 2018. More than “100 worst”  
1570 alien species in Europe. *Biol Invasions* 20, 1611–1621. [https://doi.org/10.1007/s10530-](https://doi.org/10.1007/s10530-017-1651-6)  
1571 [017-1651-6](https://doi.org/10.1007/s10530-017-1651-6)
- 1572 Nobre, C.P., Costa, M.G. da, Goto, B.T., Gehring, C., 2018. Arbuscular mycorrhizal fungi  
1573 associated with the babassu palm (*Attalea speciosa*) in the eastern periphery of Amazonia,  
1574 Brazil. *Acta Amaz.* 48, 321–329. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201800092>
- 1575 Nunes-Silva, P., Costa, L., Campbell, A.J., Arruda, H., Contrera, F.A.L., Teixeira, J.S.G.,  
1576 Gomes, R.L.C., Pessin, G., Pereira, D.S., de Souza, P., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2020.  
1577 Radiofrequency identification (RFID) reveals long-distance flight and homing abilities of  
1578 the stingless bee *Melipona fasciculata*. *Apidologie* 51, 240–253.  
1579 <https://doi.org/10.1007/s13592-019-00706-8>
- 1580 Oksanen, J., Blanchet, G., Friendly, M., Kindt, R., 2020. *vegan: Community Ecology*  
1581 *Package*. R package version 2.5-7.
- 1582 Oliveira, R.C., Contrera, F.A.L., Arruda, H., Jaffé, R., Costa, L., Pessin, G., Venturieri,  
1583 G.C., de Souza, P., Imperatriz-Fonseca, V.L., 2021. Foraging and Drifting Patterns of the  
1584 Highly Eusocial Neotropical Stingless Bee *Melipona fasciculata* Assessed by Radio-  
1585 Frequency Identification Tags. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9.
- 1586 Orr, M.C., Hughes, A.C., Chesters, D., Pickering, J., Zhu, C.-D., Ascher, J.S., 2020. Global  
1587 Patterns and Drivers of Bee Distribution. *Curr Biol*.  
1588 <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.053>
- 1589 Pascual-Maté, A., Osés, S.M., Fernández-Muiño, M.A., Sancho, M.T., 2018. Methods of  
1590 analysis of honey. *Journal of Apicultural Research* 57, 38–74.  
1591 <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1411178>

- 1592 Pinheiro, C.U.B., Machado, M.A., 2016. Da água doce à água salgada: mudanças na  
1593 vegetação de igapó em margens de lagos, rios e canais no baixo curso do rio Pindaré,  
1594 Baixada Maranhense (From fresh to salt water: changes in Igapo vegetation on margins of  
1595 lakes, rivers and and channels in ...). *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 1410–1427.  
1596 <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20160097>
- 1597 Ramsar, 2000. Baixada Maranhense Environmental Protection Area. Ramsar Sites  
1598 Information Service. [WWW Document]. URL <https://rsis.ramsar.org/ris/1020> (accessed  
1599 9.10.20).
- 1600 RCPol – Rede de Catálogos Polínicos Online [WWW Document], 2020. URL  
1601 <http://rcpol.org.br/pt/home/> (accessed 9.15.20).
- 1602 Ribeiro, G.P., Villas-Bôas, J.K., Spinosa, W.A., Prudencio, S.H., 2018. Influence of  
1603 freezing, pasteurization and maturation on Tiúba honey quality. *LWT* 90, 607–612.  
1604 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.072>
- 1605 Ribeiro, M.H.M., Luz, C.F.P. da, Albuquerque, P.M.C. de, 2019. Palynology as a tool for  
1606 distinguishing geopropolis samples from stingless bee species in the Maranhense Amazon,  
1607 Brazil. *Journal of Apicultural Research* 58, 16–36.  
1608 <https://doi.org/10.1080/00218839.2018.1494890>
- 1609 SAA, 2017. Regulamento Técnico de Identidade e Padrão do mel elaborado pelas abelhas  
1610 da subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae), conhecidas por Abelhas sem Ferrão –  
1611 ASF e os requisitos de processamento e segurança. Secretaria de Agricultura e  
1612 Abastecimento - SAA. Diário Oficial do Estado, São Paulo, SP, 17 de outubro de 2017.
- 1613 Silva Junior, C.H.L., Heinrich, V.H.A., Freire, A.T.G., Broggio, I.S., Rosan, T.M., Doblas,  
1614 J., Anderson, L.O., Rousseau, G.X., Shimabukuro, Y.E., Silva, C.A., House, J.I., Aragão,  
1615 L.E.O.C., 2020. Benchmark maps of 33 years of secondary forest age for Brazil. *Scientific*  
1616 *Data* 7, 269. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-00600-4>
- 1617 Souza, C.M., Z. Shimbo, J., Rosa, M.R., Parente, L.L., A. Alencar, A., Rudorff, B.F.T.,  
1618 Hasenack, H., Matsumoto, M., G. Ferreira, L., Souza-Filho, P.W.M., de Oliveira, S.W.,  
1619 Rocha, W.F., Fonseca, A.V., Marques, C.B., Diniz, C.G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa,  
1620 E.R., Vélez-Martin, E., Weber, E.J., Lenti, F.E.B., Paternost, F.F., Pareyn, F.G.C.,  
1621 Siqueira, J.V., Viera, J.L., Neto, L.C.F., Saraiva, M.M., Sales, M.H., Salgado, M.P.G.,  
1622 Vasconcelos, R., Galano, S., Mesquita, V.V., Azevedo, T., 2020. Reconstructing Three  
1623 Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive  
1624 and Earth Engine. *Remote Sensing* 12, 2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>
- 1625 Sponsler, D.B., Johnson, R.M., 2015. Honey bee success predicted by landscape  
1626 composition in Ohio, USA. *PeerJ* 3, e838. <https://doi.org/10.7717/peerj.838>
- 1627 Sujii, P.S., Tambarussi, E.V., Grando, C., de Aguiar Silvestre, E., Viana, J.P.G.,  
1628 Brancalion, P.H.S., Zucchi, M.I., 2021. High gene flow through pollen partially  
1629 compensates spatial limited gene flow by seeds for a Neotropical tree in forest  
1630 conservation and restoration areas. *Conserv Genet* 22, 383–396.  
1631 <https://doi.org/10.1007/s10592-021-01344-3>

- 1632 Tenório, E.G., Barros, J.R.S., Pacheco, C. de C.M. (Eds.), 2012. 25 anos de pesquisa com  
1633 abelha tíuba no Maranhão - Homenagem aos 90 anos do Prof. Dr. Warwick Estevam Kerr,  
1634 1st ed. EDUEMA, São Luís.
- 1635 Vit, P., Pedro, S.R.M., Roubik, D. (Eds.), 2013. Pot-Honey: A legacy of stingless bees.  
1636 Springer-Verlag, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4960-7>
- 1637 Wright, G., Nicolson, S., Shafir, S., 2018. Nutritional Physiology and Ecology of Honey  
1638 Bees. *Annu Rev Entomol* 63, 327–344. [https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-020117-043423)  
1639 043423
- 1640 Zenebon, O., Pascuet, N.S., Tiglea, P., 2008. Métodos físico-químicos para análise de  
1641 alimentos. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo), São Paulo.

**A influência da origem floral e da paisagem na identidade físico-química de méis maturados de tíuba (*Melipona fasciculata*, *Meliponini*) na Amazônia Maranhense, Brasil**

**Supplementary Material – SM**

Tabela 3. Matriz A. A. Características físico-químicas de 33 méis *Melipona fasciculata* de diferentes paisagens. AcucarR: açúcares redutores, AcucarNR: sacarose, AcidezL: acidez livre, pH: potencial hidrogeniônico, Cinzas: teor de cinzas, SolInsTot: sólidos insolúveis em água, HMF: hidroximetilfurfural, Umid: teor de umidade. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2019.

n	AcucarR	AcucarNR	Acidez livre	pH	%cinzas	SolInsTot	HMF	%Umid
1	52.5798	10.1186	63.65	3.4500	0.0938	0.0069	29.5233	22.9203
2	47.6770	5.6356	54.70	3.4933	0.0823	0.0381	67.1683	22.0739
3	55.2208	5.6543	55.55	3.2400	0.0908	0.0128	35.7899	22.8530
4	55.6436	8.1631	50.29	3.3833	0.0593	0.0851	8.7942	22.2844
5	53.6192	0.7440	26.80	3.8267	0.1451	0.0578	28.7763	21.8663
6	48.7464	10.0921	75.12	3.7467	0.1666	0.4501	44.6979	24.0402
7	53.0471	9.2791	31.83	3.5433	0.1145	0.2333	41.6557	20.7455
8	56.9579	7.8232	71.64	3.3075	0.0296	0.0475	43.7517	22.2228
9	51.3208	5.2438	42.53	3.3667	0.0165	0.0648	27.6200	21.4624
10	52.7390	13.4207	49.63	3.3167	0.0274	0.0892	29.2333	23.4973
11	61.9198	14.5936	98.36	3.3067	0.1095	0.0145	2.2630	22.7391
12	61.1283	16.8542	58.48	3.2467	0.0674	0.3551	31.5976	22.3660
13	49.9939	7.6114	81.96	3.6900	0.2639	0.0452	42.2243	22.1381
14	62.3599	25.6622	51.62	3.3533	0.0461	0.2124	47.9187	22.5416
15	60.5130	26.2888	57.25	3.7267	0.1933	0.4811	74.1679	21.9575
16	62.7691	8.8210	46.63	3.8133	0.2094	0.3515	27.0124	22.2163
17	73.1733	14.0547	100.21	3.3500	0.1054	0.0314	9.2329	23.6964
18	63.1648	11.0610	85.60	3.2800	0.0712	0.0369	47.1018	22.5238
19	61.8830	10.4856	58.78	3.3160	0.1071	0.0256	42.0154	23.9561
20	64.5920	11.9962	25.83	3.6367	0.2206	0.1078	28.9500	21.7815
21	56.3501	5.1310	70.64	3.5267	0.2640	0.6712	54.1042	24.7155
22	61.5876	7.5888	38.97	4.0100	0.3056	0.1243	46.3549	20.5458
23	60.8349	8.1396	40.74	3.8100	0.3766	0.0837	50.1838	21.3638
24	63.9986	14.0407	77.65	3.5967	0.5002	0.0985	9.5147	22.7320
25	59.1508	11.2068	97.74	3.4267	0.3797	0.2692	39.1060	22.5865
26	56.3719	12.4668	134.44	3.3033	0.0653	0.3179	51.0979	26.2533
27	61.9239	19.8230	85.10	3.8000	0.4531	0.2554	38.7878	22.7367
28	64.7269	9.1468	43.75	3.4700	0.2012	0.5210	44.5200	21.4379
29	54.1003	9.6303	63.92	3.4400	0.1528	0.0352	44.5830	21.4877
30	66.8981	11.7596	79.33	3.2900	0.0767	0.0544	29.8826	21.2173
31	52.7981	2.2140	61.01	3.4567	0.0596	0.5796	76.5341	21.1689
32	59.1935	4.9523	94.33	3.2933	0.0910	0.0111	36.9187	23.9571
33	58.1167	10.7051	132.07	3.3200	0.0841	0.0256	33.1707	23.3091

Table 4. Pollen types (76) identified in *Melipona fasciculata* honeybee samples by plant species in the 33 studied landscapes of APA Baixada Maranhense, in eastern Brazilian Amazon, Brazil, in 2019.

Plant species	Resource <sup>‡</sup>	Life form	Origin	P(%) <sup>‡</sup>
<b>MONOCOTS</b>				
<b>ARECACEAE</b>				
<i>Attalea speciosa</i> Mart. ex Spreng	N/P*	palm	native	4.63
<i>Euterpes</i> sp.	N/P*	palm	native	0.52
<i>Mauritia flexuosa</i> L.	P*	palm	native	0.06
<i>Syagrus</i> sp.	N/P*	palm	native	0.08
<b>CYPERACEAE</b>				
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	A	aq herb	native	1.00
<i>Eriophorum vaginatum</i> L.	A	herb	exotic	0.52
<b>POACEAE</b>				
Poaceae	A	herb	-	0.02
<b>PONTEDERIACEAE</b>				
<i>Eichornia crassipes</i> Mart. (Solms)	N	aq herb	native	11.79
<i>Pontederia parviflora</i> Alexander	N	aq herb	native	4.68
<b>EUDICOTS</b>				
<b>AMARANTHACEAE</b>				
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	N/P	herb	native	2.17
<i>Amaranthus</i> sp.	N/P	herb	exotic	0.01
<b>ANACARDIACEAE</b>				
<i>Anacardium occidentale</i> L.	N/P	tree	native	0.09
<b>ASTERACEAE</b>				
<i>Baccharis</i> sp.	N/P	shrub	native	0.01
<i>Mikania cordifolia</i> (L.f) Willd.	N/P	vine	native	0.14
<i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.	N	shrub	exotic	0.10
<b>BEGONIACEAE</b>				
<i>Begonia</i> sp.	P	herb	native	0.04
<b>BIGNONIACEAE</b>				
<i>Adenocalymma</i> sp.	N/P	vine	native	0.05
<i>Arrabidaea</i> sp.	N/P	vine	native	0.01
<i>Tabebuia</i> sp.	N	tree	native	0.03
<b>BURSERACEAE</b>				
<i>Protium leptostachyum</i> Cuatrec.	N	tree	native	1.16
<b>CECROPIACEAE</b>				
<i>Cecropia</i> sp.	P	tree	native	0.23
<b>CONVOLVULACEAE</b>				
<i>Ipomoea carnea</i> Jacq.	N/P	shrub/vine	native	0.02
<i>Distimake aegyptius</i> (L.) A.R. Simões & Staples	N/P	creeper	native	5.75
<i>Distimake</i> sp.	N/P	vine	exotic	0.75
<b>DILLENIACEAE</b>				
<i>Curatella</i> sp.	P	shrub	native	0.02
<b>EUPHORBIACEAE</b>				
<i>Croton heliotropiifolius</i> Kunth	N	shrub	native	0.03
<i>Sebastiania</i> sp.	N/P	shrub	native	0.20
<b>FABACEAE</b>				
<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.)	P	tree	native	0.04
<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	N/P	tree	exotic	1.95
<i>Bauhinia forficata</i> Link.	P	shrub	exotic	0.01
<i>Bowdichia</i> sp.	P	shrub	native	2.05
<i>Cenostigma bracteosum</i> Tul. Gagnon & G.P.Lewis	N/P	shrub	native	0.01
<i>Camptosema</i> sp.	NA	vine	native	2.90
<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	N/P*	vine	native	0.94
<i>Coursetia</i> sp.	NA	shrub	native	0.01
<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	N/P*	herb	native	3.69
<i>Crotalaria retusa</i> L.	N	shrub	exotic	0.91

<i>Cynometra</i> sp.	NA	tree	native	0.23
<i>Desmodium incanum</i> DC.	N/P	herb	exotic	0.03
<i>Dicorynia</i> sp.	NA	tree	native	0.04
<i>Dioclea</i> sp.	NA	vine	native	0.01
<i>Inga cayennensis</i> Sagot ex Benth	N/P*	tree	native	0.02
<i>Machaerium</i> sp.	N	shrub	native	1.60
<i>Martiodendron parviflorum</i> (Amshoff) R. Koeppen	NA	tree	native	1.91
<i>Mimosa verrucosa</i> Benth	N/P*	shrub	native	4.04
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth	N/P*	shrub	native	3.67
<i>Mimosa pudica</i> L.	P	Herb	native	4.57
<i>Myrocarpus frondosus</i> Allem	P	tree	exotic	1.08
<i>Neptunia plena</i> (L.) Benth	N/P	herb	native	1.93
<i>Newtonia</i> sp.	NA	tree	exotic	0.02
<i>Piptadenia phyllostachya</i> Benth	N/P	tree	native	0.01
<i>Plathymenia</i> sp.	N/P	tree	native	0.07
<i>Phyllocarpus</i> sp.	NA	tree	native	0.01
<i>Schrankia leptocarpa</i> DC.	N/P	herb	native	0.37
<i>Senna occidentalis</i> (L.)	N/P	shrub	native	5.50
<i>Schizolobium amazonicum</i> Huber ex Ducke	N/P*	tree	native	1.02
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	N/P	tree	native	1.63
<i>Stylosanthes</i> sp.	N/P*	herb	native	0.01
<i>Zollernia</i> sp.	N/P*	shrub	native	0.02
<b>LAMIACEAE</b>				
<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	N	herb	native	3.74
<i>Hyptis</i> sp.	N	herb	native	0.86
<b>MALPIGHIACEAE</b>				
<i>Peixotoa jussieuana</i> A.Juss	NA	shrub	native	0.19
<b>MELASTOMATACEAE</b>				
<i>Miconia alata</i> (Aubl.) DC	N/P	shrub	native	0.09
<i>Mouriri acutiflora</i> Naudin.	N/P	tree	native	2.35
<i>Tibouchina aspera</i> Aubl.	N/P	tree	native	2.04
<b>MYRTACEAE</b>				
<i>Eugenia flavescens</i> DC.	N/P*	shrub	native	0.20
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	N/P	tree	exotic	2.28
<i>Myrcia cuprea</i> (O.Berg) Kiaersk	N/P	shrub	native	8.30
<i>Psidium guajava</i> L.	N/P*	tree	native	1.83
<b>PASSIFLORACEAE</b>				
<i>Passiflora glandulosa</i> Cav.	P	creeper	native	0.01
<b>RUBIACEAE</b>				
<i>Borreria tenella</i> (Kunth) Cham & Schultde	N/P*	herb	native	0.21
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey	N/P*	shrub	native	1.81
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	N/P	shrub	native	0.04
<b>SAPINDACEAE</b>				
<i>Paullinia pinnata</i> L.	N	vine	native	0.19
<i>Serjania Lethalis</i> A.St.-Hil	N	vine	native	0.56
<b>SOLANACEAE</b>				
<i>Solanum paniculatum</i> L.	P	shrub	native	0.91

‡ Resources (N: nectariferous, P: polliniferous, \*: excess pollen, NA: information not available, A: anemophilous). † P (%): relative pollen frequency in the 99 studied bee boxes.

Tabela 5. Riqueza e abundância de forma de vida em 33 amostras de méis de *Melipona fasciculata* na APA da Baixada Maranhense, 2021.

n	Forma de vida (riqueza)						Forma de vida (abundância)					
	Palm	Arbo	Arbus	Herb	PAqua	Liana	Palm	Arbo	Arbus	Herb	PAqua	Liana
1	1	2	5	2	2	2	24	47	269	17	18	216
2	1	2	3	2	2	1	24	34	304	40	366	20
3	0	8	4	2	1	2	0	241	372	104	15	84
4	1	5	4	4	1	4	36	403	248	162	10	38
5	0	3	10	4	1	0	0	35	173	337	27	0
6	1	4	8	3	1	3	12	108	216	199	3	74
7	1	4	5	4	0	0	2	159	201	59	0	0
8	3	6	4	4	2	2	90	171	132	192	274	42
9	1	5	6	4	0	3	306	324	199	236	0	158
10	1	4	6	4	2	0	3	116	480	80	11	0
11	3	1	7	2	3	3	121	10	190	25	432	42
12	1	3	7	4	2	3	57	46	187	249	36	219
13	2	5	5	3	3	3	104	56	260	60	412	56
14	0	3	8	4	2	1	0	104	229	226	238	10
15	1	6	7	5	1	2	3	61	436	53	16	211
16	1	2	4	1	2	2	6	130	111	4	82	348
17	1	5	7	7	1	2	3	197	592	179	3	64
18	1	3	6	4	0	1	9	171	372	346	0	3
19	2	5	4	4	0	4	48	330	373	213	0	10
20	0	4	4	5	2	2	0	169	299	74	44	291
21	2	3	4	3	2	1	63	145	135	20	262	2
22	1	2	4	1	3	2	12	16	59	24	612	15
23	0	7	8	3	1	1	0	298	261	54	6	15
24	1	4	3	3	2	1	10	135	19	87	23	315
25	1	6	5	4	1	4	4	159	280	160	3	181
26	0	5	10	4	1	1	0	94	258	346	39	3
27	1	2	4	2	2	1	15	7	85	62	462	28
28	1	5	3	3	2	3	54	106	188	114	351	124
29	2	7	5	8	2	2	5	201	158	474	12	20
30	1	3	4	5	0	0	9	95	308	135	0	0
31	2	4	4	3	1	4	212	133	98	101	52	303
32	0	5	3	2	2	2	0	92	109	26	300	121
33	1	3	4	2	2	2	96	45	191	72	274	30

\* Palm-palmeira, Arbo-arbórea, Arbus-arbustiva, Herb-herbácea, PAqua-planta aquática, Liana-liana ou trepadeira



Figura 3. Análise de redundância (RDA) com as variáveis explicativas das características físico-químicas selecionadas nos modelos, origem floral e paisagens, em 33 unidades amostrais, na área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil 2020.

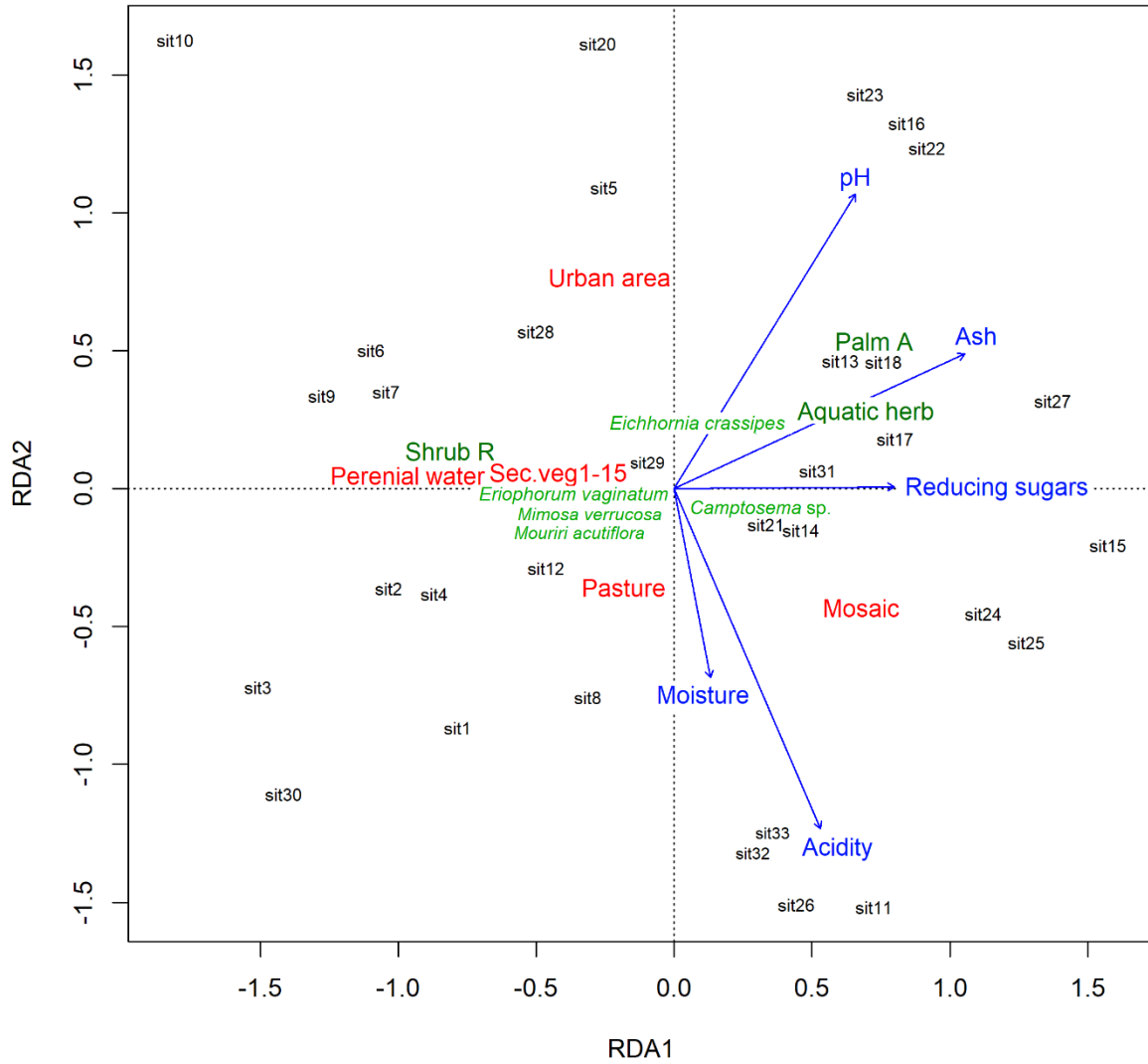
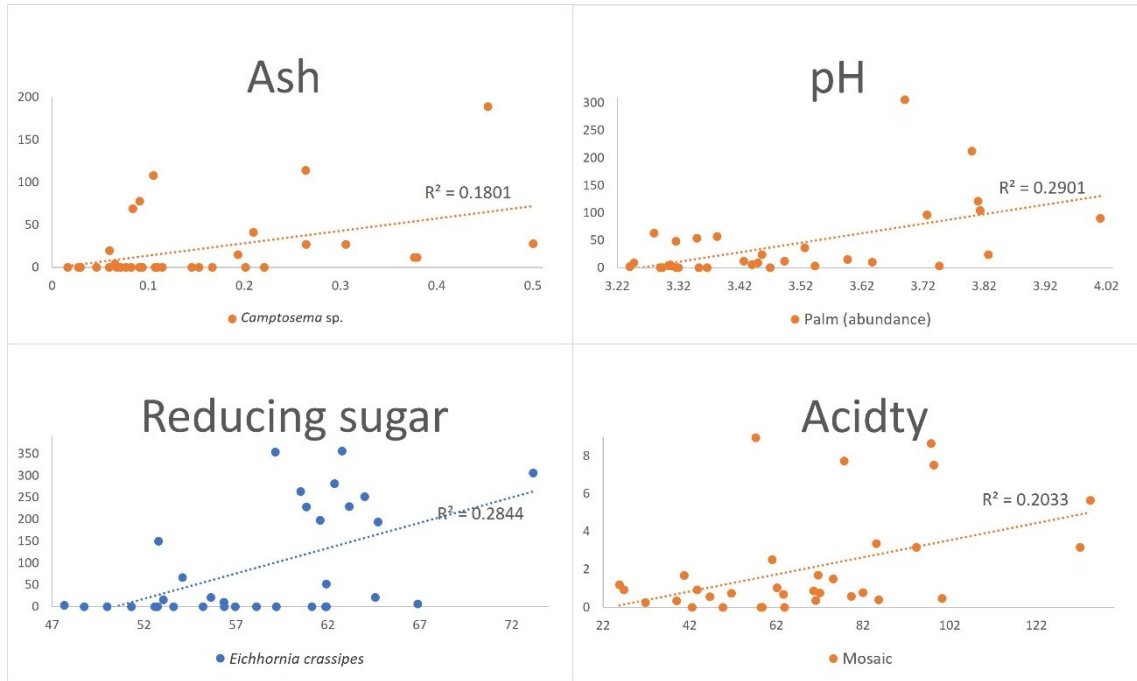


Figura 4. Regressões lineares com as principais variáveis explicativas das características físico-químicas selecionadas nos modelos de análise de redundância (RDA), em 33 unidades amostrais, na área de estudo na Área de Proteção Ambiental (APA) Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Amazônia oriental, Brasil 2020.



---

**Capítulo IV**  
**CONSIDERAÇÕES GERAIS**

---

*Minha terra tem palmeiras,  
Onde canta o Sabiá;  
As aves, que aqui gorjeiam,  
Não gorjeiam como lá.*

*Nosso céu tem mais estrelas,  
Nossas várzeas têm mais flores,  
Nossos bosques têm mais vida,  
Nossa vida mais amores.*

*Canção do exílio  
Gonçalves Dias, 1843*

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os meliponicultores e meliponicultoras são pessoas muito generosas e tem alto grau de satisfação com essa atividade, que é tradicional, transmitida através das gerações, uma herança que evidencia parte de uma cultura e um legado para o presente e futuro sobre convivência harmônica e a coprodução. Este cenário proporciona serviços ambientais na restauração ecológica, conservação da espécie *M. fasciculata*, um grande esforço de polinização, induzindo processos de resiliência socioambiental. Apesar dos benefícios, a atividade recebe pouco apoio governamental, sofre ameaças de acesso à terra, desmatamento, violência e da apicultura.

Além dos serviços ambientais, nossos dados permitiram inferir quanto à produtividade e qualidade dos méis. Meliponários com baixa produtividade de mel estão mais próximos de manchas florestais maduras, abundância de palmeiras, especificamente *Attalea speciosa* (babaçu), *Neptunia plena* (tripa de vaca) e outras plantas, possuem maior riqueza e abundância de espécies botânicas, indicando que *M. fasciculata* oferece mais serviços ecossistêmicos nestas paisagens de terra firme e úmidas, contribuindo na resiliência socioambiental e para a restauração ecológica. Meliponários com alta produtividade estão mais próximos de campos naturais com abundância de arbustos nectaríferos tais como: *Cenostigma bracteosa* (catingueira), *Tibouchina aspera* (quaresmeira), *Centrosema pubescens* (jequitirana) e *Ipomoea carnea* (algodão-bravo) e, possuem menor riqueza de espécies contribuintes.

Quanto à qualidade, em geral nossas amostras de méis *M. fasciculata* eram semelhantes em relação à legislação do Pará, exceto para sacarose, HMF e sólidos insolúveis, com médias maiores. As diferentes paisagens rurais antropizadas típicas da APA da Baixada Maranhense com abundantes palmeiras, riqueza de espécies de árvores e os característicos campos inundáveis e sua flora associada contribuem para definição da acidez, pH, cinzas e umidade dos méis estudados. A quantidade e qualidade dos méis de *M. fasciculata* são determinadas pelas paisagens e floradas, confirmando parcialmente a hipótese de trabalho.

Esta análise evidencia a sinergia entre meliponicultura, conservação e restauração de paisagens nesta região, um conjunto de 77 espécies botânicas (84% nativas) são fornecedoras de recursos obtidos nas visitas florais de *M. fasciculata* em uma grande área para além dos limites da propriedade dos meliponicultores. É necessário que o poder público ampare a meliponicultura como atividade de alto benefício ambiental, melhore e amplie as normas vigentes, controle as ameaças e cumpra suas responsabilidades legais com a APA.

## ANEXO A - Instruções para autores - Journal of Apicultural Research

### Referentes aos artigos dos capítulos III e IV

#### Instructions for authors - *Journal of Apicultural Research*

The screenshot shows the Taylor & Francis Online website. The header includes the Taylor & Francis logo and navigation links for 'Log in', 'Register', and 'Cart'. The main navigation bar lists 'Home', 'All Journals', 'Journal of Apicultural Research', and 'Instructions for Authors'. A search bar is present with the text 'Enter keywords, authors, DOI, ORCID etc'. Below the search bar are links for 'Advanced search' and 'Citation search'. The main content area is divided into several sections: 'Ready to submit?' with a 'Go to submission site' button; 'Submission information' with links for 'Instructions for authors' and 'Editorial policies'; 'Editing services' with a link for 'Editing services site'; and 'About this journal' with a link for 'Journal metrics'. The central focus is the 'Instructions for authors' section, which includes a paragraph of text and links to 'AUTHOR SERVICES' and 'EDITING SERVICES'.

Thank you for choosing to submit your paper to us. These instructions will ensure we have everything required so your paper can move through peer review, production and publication smoothly. Please take the time to read and follow them as closely as possible, as doing so will ensure your paper matches the journal's requirements.

## AUTHOR SERVICES

Supporting Taylor & Francis authors

For general guidance on every stage of the publication process, please visit our [Author Services website](#).

## EDITINGSERVICES

Supporting Taylor & Francis authors

For editing support, including translation and language polishing, explore our [Editing Services website](#)

This title utilises format-free submission. Authors may submit their paper in any scholarly format or layout. References can be in any style or format, so long as a consistent scholarly citation format is applied. For more detail see [the format-free submission section below](#).

#### Contents List

- [About the journal](#)
- [Open access](#)
- [Peer review](#)
- [Preparing your paper](#)
  - [Word limits and Structure](#)
  - [Format-Free Submissions](#)
  - [Checklist](#)
- [Using third-party material in your paper](#)
- [Submitting your paper](#)
- [Publication Charges](#)
- [Data Sharing Policy](#)

- [Copyright options](#)
- [Complying with funding agencies](#)
- [My Authored Works](#)

### About the journal

*Journal of Apicultural Research* is an international peer reviewed journal that publishes high-quality, original research. Please see the journal's [Aims & Scope](#) for information about its focus.

The journal welcomes the submission of three types of articles:

**Original Research Articles.** These describe original scientific research on the topics specified in the Aims and Scope section. Theoretical papers are also published. Articles on melissopalynology, bee diversity, or bee hive products must be hypothesis driven rather than descriptive, or cover one or more significantly large geographical regions and sample sizes. Experimental studies need to include a sufficient number of samples for drawing appropriate conclusions, and all experiments need proper repeatability and have undergone the appropriate statistical analysis.

**Notes and Comments.** These describe techniques or original research that is too narrow in scope to justify a longer article, or report information and observation for which replication is not possible or additional data cannot be easily obtained. Preliminary analyses can be considered if their impact is novel and/or of special scientific interest. Opinions or constructive criticisms of research articles that have appeared in this journal or elsewhere are also published.

**Review Articles.** These are authoritative reviews of a clearly delimited topic in bee biology or the economics, technology, sociology or history of beekeeping. The breadth of coverage and inclusion of references should be complete enough to provide a practising scholar with sufficient background knowledge to begin working in that field. Review articles refer to published literature that is evaluated by the authors and discussed in a global context. The motivation for the review must be clear, and it must clearly state what new insights are gained from it.

Please note that the *Journal of Apicultural Research* uses CrossCheck™ software to screen papers for unoriginal material. By submitting your paper you are agreeing to any necessary originality checks your paper may have to undergo during the peer review and production processes.

### Open access

You have the option to publish open access in this journal via our Open Select publishing program. Publishing open access means that your article will be free to access online immediately on publication, increasing the visibility, readership and impact of your research. Articles published Open Select with Taylor & Francis typically receive 95% more citations\* and over 7 times as many downloads\*\* compared to those that are not published Open Select.

Your research funder or your institution may require you to publish your article open access. Visit our [Author Services](#) website to find out more about open access policies and how you can comply with these.

You will be asked to pay an article publishing charge (APC) to make your article open access and this cost can often be covered by your institution or funder. Use our [APC finder](#) to view the APC for this journal.

Please visit our [Author Services website](#) if you would like more information about our Open Select Program.

\*Citations received up to 9th June 2021 for articles published in 2016-2020 in journals listed in Web of Science®. Data obtained on 9th June 2021, from Digital Science's Dimensions platform, available at <https://app.dimensions.ai>

\*\*Usage in 2018-2020 for articles published in 2016-2020.

### Peer review

Taylor & Francis is committed to peer-review integrity and upholding the highest standards of review. Once your paper has been assessed for suitability by the editor, it will then be single blind peer-reviewed by independent, anonymous expert referees. Find out more about [what to expect during peer review](#) and read our guidance on [publishing ethics](#).

Authors are invited to suggest reviewers in the cover letter with the submission. It is also possible to oppose reviewers with a justified reason (i.e., conflict of interest).

### Preparing your paper

#### Word limits and Structure

Please include a word count for your paper.

A typical **Original Research Article** for this journal should be no more than 9000 words; this limit includes tables, references and figure captions. Manuscripts should be compiled in the following order: Abstract, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion, and Conclusions (optional). The maximum number of display items, including figures and tables, is four.

A typical **Review Article** for this journal should be no more than 12000 words; this limit includes tables, references and figure captions. Review articles can have different headings and subheadings, but need to follow a logical structure. The maximum number of display items, including figures and tables, is four.

Papers intended to be submitted as **Notes and Comments** should not exceed 1500 words including references and should contain no more than two display items (two figures, two tables, or one of each). Authors can submit additional tables and figures as Supplementary online material. Notes and Comments should also include a short summary. They should *not* have the subheadings of Introduction, Materials and Methods, etc.

#### Format-Free Submission

Authors may submit their paper in any scholarly format or layout. Manuscripts may be supplied as single or multiple files. These can be Word, rich text format (rtf), open document format (odt), or PDF files. Figures and tables can be placed within the text or submitted as separate documents. Figures should be of sufficient resolution to enable refereeing. To prepare your paper, please follow these additional guidelines:

- There are no strict formatting requirements, but all manuscripts must contain the essential elements needed to evaluate a manuscript (see checklist below). Further details may be requested upon acceptance.
- It is necessary use continuous line numbering when preparing your submission to facilitate the review process.
- References can be in any style or format, so long as a consistent scholarly citation format is applied. Author name(s), journal or book title, article or chapter title, year of publication, volume and issue (where appropriate) and page numbers are essential. All bibliographic entries must contain a corresponding in-text citation. The addition of DOI (Digital Object Identifier) numbers is recommended but not essential.
- The journal reference style will be applied to the paper post-acceptance by Taylor & Francis.
- Spelling can be US or UK English so long as usage is consistent. The quality of the English language is the authors' responsibility.
- Note that, regardless of the file format of the original submission, an editable version of the article must be supplied at the revision stage.

#### Checklist: what to include

1. **Title.** The title should have no more than 150 characters. Species Latin names should be used without authority. The authority needs to appear only once in the article, with the first mention of the taxon in the main text.
2. **Author details.** Please ensure all listed authors meet the [Taylor & Francis authorship criteria](#). All authors of a manuscript should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript. Where available, please also include [ORCiDs](#) and social media handles (Facebook, Twitter or LinkedIn). One author will need to be identified as the corresponding author, with their email address normally displayed in the article PDF (depending on the journal) and the online article. Authors' affiliations are the affiliations where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer-review process,

- the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after your paper is accepted. [Read more on authorship](#).
3. **Data availability statement.** If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). Data [templates](#) are also available to support authors.
  4. **Data deposition.** If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a [recognized data repository](#) prior to or at the time of submission. DNA and RNA Sequences *must* be submitted to GenBank, ENA or NCBI prior to publication. You will be asked to provide the DOI, pre-reserved DOI, or other persistent identifier for the data set.
  5. A non-structured **abstract** of no more than 250 words. Notes and Comments should also include a short summary. Read tips on [writing your abstract](#).
  6. **Graphical abstract** (optional). This is an image to give readers a clear idea of the content of your article. It is published online only. It should be a maximum width of 525 pixels. If your image is narrower than 525 pixels, please place it on a white background 525 pixels wide to ensure the dimensions are maintained. Save the graphical abstract as a .jpg, .png, or .gif. Please do not embed it in the manuscript file but save it as a separate file, labelled GaphicalAbstract1.
  7. You can opt to include a **video abstract** with your article. [Find out how these can help your work reach a wider audience, and what to think about when filming](#).
  8. **5-8 keywords.** Read [making your article more discoverable](#), including information on choosing a title and search engine optimization.
  9. **Funding details.** Please supply all details required by your funding and grant-awarding bodies as follows:  
*For single agency grants:* This work was supported by the[Funding Agency] under Grant [number xxxx].  
*For multiple agency grants:* This work was supported by the [funding Agency 1]; under Grant [number xxxx]; [Funding Agency 2] under Grant [number xxxx]; and [Funding Agency 3] under Grant [number xxxx].
  10. **Disclosure statement.** This is to acknowledge any financial or non-financial interest that has arisen from the direct applications of your research. If there are no relevant competing interests to declare please state this within the article, for example: *The authors report there are no competing interests to declare.* [Further guidance on what is a conflict of interest and how to disclose it](#).
  11. **Supplemental online material.** Supplemental material can be a video, dataset, fileset, sound file or anything which supports (and is pertinent to) your paper. Please submit supplementary figures or tables separately from the main text. We publish supplemental material online via Figshare. Find out more about [supplemental material and how to submit it with your article](#).
  12. **Figures.** Figures should be high quality (1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour, at the correct size). Size the figures to fit in one or two columns widths, removing any unnecessary elements and white spaces. Do not use faint lines and/or lettering and check that all lines and lettering within the figures are legible at final size. All lines should be at least 0.1 mm (0.3 pt) wide. Vector graphics containing fonts must have the fonts embedded in the files. Fonts in figures must be serif-free (e.g. Arial, Calibri). Keep lettering consistently sized throughout your final-sized artwork, usually about 2–3 mm (8–12 pt). Avoid effects such as shading, bevel etc. Each figure should have a concise caption describing accurately what the figure depicts including results of statistical analysis. Do not include titles or captions within your illustrations. Maps and photographs must use scale bars. Figures should be supplied in one of our preferred file formats: EPS, PS, JPEG, GIF, or Microsoft Word (DOC or DOCX). The maximum number of display items, including figures and tables, is four. Additional figures can be submitted as supplementary material. For information relating to other file types, please consult our document on [Submission of Electronic Work](#).



13. **Tables.** Tables should present new information rather than duplicating what is in the text. Readers should be able to interpret the table without reference to the text. Use sensible rounding to improve readability of tables, e.g. 10.2% instead of 10.195%,  $p < 0.001$  instead of  $p = 0.0000453$ . Please supply editable files. Whenever possible, avoid extra larger tables. The maximum number of display items, including figures and tables, is four. Additional tables can be submitted as supplementary material.
14. **Equations.** If you are submitting your manuscript as a Word document, please ensure that equations are editable. More information about [mathematical symbols and equations](#).
15. **Units and numbers.** Please use [SI units](#) (non-italicized). Decimals are separated by points. Use sensible rounding, e.g. 10.2% instead of 10.195%,  $p < 0.001$  instead of  $p = 0.0000453$ .
16. **Specific spellings.** All terms relating to bees are to be written as two words, such as "honey bee", "Queen bee", "bumble bee", "stingless bee", etc. The species Latin name "*Varroa destructor*" should be used or mentioned upon first appearance in the title, abstract and main text, after which the commonly accepted single word "Varroa" (non italics) can be used if preferred by the authors.
17. **Nomenclature.** In the abstract and at first mention in the main text, include complete scientific names (genus, species, authority). Following first mentions, generic names should be abbreviated to the initial, except when confusion could arise by reference to genera with the same initial.
18. If your manuscript is a resubmission, please indicate the previous submission number in the cover letter.

#### Using third-party material in your paper

You must obtain the necessary permission to reuse third-party material in your article. The use of short extracts of text and some other types of material is usually permitted, on a limited basis, for the purposes of criticism and review without securing formal permission. If you wish to include any material in your paper for which you do not hold copyright, and which is not covered by this informal agreement, you will need to obtain written permission from the copyright owner prior to submission. More information on [requesting permission to reproduce work\(s\) under copyright](#).

#### Submitting your paper

This journal uses Taylor & Francis' [Submission Portal](#) to manage the submission process. The Submission Portal allows you to see your submissions across Taylor & Francis' journal portfolio in one place. To submit your manuscript please click [here](#).

On acceptance, we recommend that you keep a copy of your Accepted Manuscript. Find out more about [sharing your work](#).

#### Publication Charges

There are no submission fees, publication fees or page charges for this journal.

#### Data Sharing Policy

[This journal applies the Taylor & Francis basic data sharing policy](#). Authors are encouraged to share or make open the data supporting the results or analyses presented in their paper where this does not violate the protection of human subjects or other valid privacy or security concerns. Authors are encouraged to deposit the dataset(s) in a recognized data repository that can mint a persistent digital identifier, preferably a digital object identifier (DOI) and recognizes a long-term preservation plan. If you are uncertain about where to deposit your data, please see [this information](#) regarding repositories. Authors are further encouraged to cite any data sets referenced in the article and provide a [Data Availability Statement](#).

At the point of submission, you will be asked if there is a data set associated with the paper. If you reply yes, you will be asked to provide the DOI, pre-registered DOI, hyperlink, or other persistent identifier associated with the data set(s). If you have selected to provide a pre-registered DOI, please be prepared to share the reviewer URL associated with your data deposit, upon request by reviewers. Where one or multiple data sets are associated with a manuscript, these are not formally peer reviewed as a part of the journal submission process. It is the author's responsibility to ensure the soundness of data. Any errors in the data rest solely with the producers of the data set(s).

**Copyright options**

Copyright allows you to protect your original material, and stop others from using your work without your permission. Taylor & Francis offers a number of different license and reuse options, including Creative Commons licenses when publishing open access. [Read more on publishing agreements.](#)

**Complying with funding agencies**

We will deposit all National Institutes of Health or Wellcome Trust-funded papers into PubMedCentral on behalf of authors, meeting the requirements of their respective open access (OA) policies. If this applies to you, please tell our production team when you receive your article proofs, so we can do this for you. Check funders' OA policy mandates [here](#). Find out more about [sharing your work](#).

**My Authored Works**

On publication, you will be able to view, download and check your article's metrics (downloads, citations and Altmetric data) via [My Authored Works](#) on Taylor & Francis Online. This is where you can access every article you have published with us, as well as your [free eprints link](#), so you can quickly and easily share your work with friends and colleagues.

We are committed to promoting and increasing the visibility of your article. Here are some tips and ideas on how you can work with us to [promote your research](#).

To order a copy of the issue containing your article, please contact our Customer Services team at [OrderSupport@TandF.co.uk](mailto:OrderSupport@TandF.co.uk).

**Queries**

Should you have any queries, please visit our [Author Services website](#) or contact us [here](#).

*Updated 9 February 2022*

## APÊNDICE A - Matrizes geradoras das análises

### **Do capítulo III:**

A1: LULC, percentagem de cobertura de classes (%);

A2: uso e cobertura do solo – LULC, densidade de manchas por classes (pd);

B: perfil e manejo dos meliponicultores;

C: riqueza e abundância de tipos polínicos por meliponário;

D: contagem de espécies botânicas;

E: forma de vida das espécies identificadas por meliponário (riqueza e abundância);

F: informação geográfica;

G: entropia e clima

Matriz 'A1 e A2'. Uso e cobertura do solo em 34 paisagens da abelha *Melipona fasciculata*. sf2: vegetação secundária 1-2 anos, sf5: vegetação secundária 3-5 anos, sf15: vegetação secundária 6-15 anos, sf25: vegetação secundária 16-25 anos, sf33: vegetação secundária 26-33 anos, mang: mangue, pastu: pasto, agric: agricultura, nativeg: campo natural, fgrass: campo inundável, pd: densidade de mancha. Baixada Maranhense APA, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

n.	Matriz A1 (%)													
	sf2	sf5	sf15	sf25	sf33	of	water	mang	urban	pastu	agric	mosaic	nativeg	fgrass
1	0.00	0.06	1.56	9.21	51.08	0.00	8.77	0.00	0.00	23.86	0.79	0.68	0.66	3.30
2	0.00	0.05	3.27	9.60	23.77	0.00	17.74	0.00	0.00	16.00	0.00	0.35	23.46	5.76
3	0.00	0.07	3.33	9.88	24.72	0.00	31.65	0.00	0.00	21.36	0.00	0.75	1.81	6.43
4	0.00	0.34	8.70	14.42	9.87	0.00	14.31	0.00	0.04	40.67	0.00	1.03	7.89	2.73
5	0.00	0.04	1.64	10.13	22.57	0.70	2.43	0.00	13.12	6.24	0.00	0.91	7.70	34.52
6	0.02	0.53	7.59	8.63	4.78	0.00	1.73	0.00	22.13	49.92	0.00	1.49	0.00	3.18
7	0.01	0.19	5.15	20.61	18.08	0.06	18.75	0.00	7.01	13.65	0.00	0.24	3.86	12.39
8	0.00	0.01	2.67	32.18	42.58	0.00	0.54	0.00	0.25	16.56	0.00	1.70	1.05	2.46
9	0.04	0.14	4.56	17.27	11.02	0.00	3.58	0.00	6.72	0.00	0.00	0.00	38.59	18.07
10	0.02	0.06	0.85	3.67	2.40	0.00	30.68	0.00	20.87	0.00	0.00	0.00	9.72	31.74
11	0.00	0.03	1.52	13.83	32.51	1.26	2.75	0.00	0.00	7.42	0.00	7.51	3.08	30.11
12	0.00	0.01	1.67	11.22	17.51	0.00	9.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.72	14.43
13	0.00	0.00	0.48	22.00	67.84	0.00	0.15	0.00	0.00	1.05	0.00	0.77	0.00	7.71
14	0.00	0.00	0.66	10.90	23.79	0.00	7.44	0.00	0.00	2.68	0.00	0.74	1.41	52.38
15	0.00	0.00	0.53	16.98	54.99	0.00	4.73	0.00	0.00	6.01	0.00	8.95	0.00	7.80
16	0.00	0.03	1.74	20.59	54.86	0.80	3.00	0.00	6.71	2.10	0.00	0.55	3.33	6.28
17	0.00	0.01	1.30	13.25	32.63	10.08	8.38	0.00	0.00	11.32	0.00	0.45	4.00	18.58
18	0.00	0.01	1.03	17.76	50.20	3.37	3.94	0.00	0.00	14.17	0.00	0.40	3.45	5.68
19	0.00	0.00	0.67	23.71	58.81	0.00	0.37	0.00	0.12	10.93	0.00	2.37	0.00	3.01
20	0.00	0.00	0.69	6.53	10.84	0.00	18.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.86	33.23
21	0.00	0.02	1.93	5.42	6.50	0.00	14.57	0.38	20.56	4.79	0.00	1.19	1.34	43.30
22	0.00	0.04	1.99	21.30	31.77	0.29	4.49	0.00	2.67	11.65	0.00	0.85	2.53	22.42
23	0.00	0.03	1.69	20.16	55.97	0.80	2.99	0.00	6.77	1.76	0.00	0.33	3.67	5.83
24	0.00	0.03	1.60	19.04	47.67	0.54	3.74	0.00	5.79	2.05	0.00	1.68	4.68	13.19
25	0.00	0.00	0.84	19.14	55.61	0.00	3.96	0.00	0.01	5.60	0.00	7.72	1.17	5.96
26	0.00	0.01	0.74	17.30	54.28	0.00	4.69	0.00	0.00	6.05	0.00	8.65	0.00	8.28
27	0.00	0.01	1.64	17.68	39.12	0.78	1.38	0.00	0.00	16.39	0.00	5.65	1.32	16.03
28	0.00	0.00	0.43	17.10	71.94	0.00	0.56	0.00	0.00	3.64	0.00	3.36	0.00	2.98
29	0.00	0.04	2.74	24.69	22.83	0.00	4.69	0.23	8.14	9.71	0.00	0.91	7.87	18.16
30	0.01	0.33	4.16	18.46	48.02	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.09	1.33
31	0.00	0.21	6.23	11.01	21.30	0.00	14.63	0.00	0.00	36.68	0.00	0.58	6.20	3.17
32	0.00	0.01	0.88	11.45	23.02	0.00	10.99	0.00	0.00	2.59	0.00	2.51	3.01	45.55
33	0.00	0.01	1.00	19.77	59.61	0.00	0.23	0.00	0.00	13.83	0.00	3.15	0.00	2.40
34	0.00	0.07	2.42	11.47	32.20	0.00	18.76	6.72	2.07	10.77	0.00	4.94	3.08	7.50

## Continuação. Matriz A2 (pd)

n.	Matriz A2 (pd)													
	sf	sf5	sf15	sf25	sf33	of	water	mang	urban	pastu	agric	mosaic	nativeg	fgrass
1	0.00	0.64	4.57	19.87	5.69	0.00	2.72	0.00	0.00	7.37	0.32	1.60	0.32	8.89
2	0.00	0.40	9.15	20.47	8.19	0.00	2.01	0.00	0.00	5.78	0.00	0.16	1.61	6.82
3	0.00	0.63	9.82	15.76	6.02	0.00	2.61	0.00	0.00	4.75	0.00	1.66	0.55	6.18
4	0.00	2.56	17.07	21.47	10.74	0.00	1.60	0.00	0.08	4.73	0.00	1.60	1.52	5.21
5	0.00	0.32	8.02	18.53	8.82	0.24	4.57	0.00	3.21	1.68	0.00	0.56	7.30	0.64
6	0.24	3.77	17.72	23.58	10.34	0.00	6.34	0.00	1.52	2.49	0.00	0.96	0.00	2.17
7	0.16	1.76	13.79	14.91	13.55	0.08	4.97	0.00	1.12	3.93	0.00	0.72	4.65	4.57
8	0.00	0.08	7.14	18.06	10.43	0.00	1.12	0.00	0.40	7.78	0.00	3.13	1.28	1.60
9	0.24	0.64	11.07	17.97	11.23	0.00	8.74	0.00	1.28	0.00	0.00	0.00	5.21	4.01
10	0.08	0.64	4.73	8.58	6.10	0.00	11.95	0.00	1.76	0.00	0.00	0.00	6.66	3.69
11	0.00	0.08	3.77	20.31	11.16	0.24	4.33	0.00	0.00	5.78	0.00	4.01	2.57	1.61
12	0.00	0.08	6.25	23.01	14.19	0.00	13.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.13	3.61
13	0.00	0.00	2.01	18.45	3.37	0.00	0.40	0.00	0.00	2.97	0.00	1.44	0.00	3.53
14	0.00	0.00	2.48	15.71	6.09	0.00	7.29	0.00	0.00	2.89	0.00	1.20	2.32	1.36
15	0.00	0.00	2.73	21.11	4.49	0.00	4.98	0.00	0.00	7.06	0.00	5.70	0.00	3.45
16	0.00	0.16	6.90	25.60	7.62	0.32	4.57	0.00	2.25	4.57	0.00	1.04	3.61	4.01
17	0.00	0.08	4.49	15.55	7.37	0.40	5.13	0.00	0.00	4.89	0.00	1.20	3.21	1.20
18	0.00	0.08	4.17	19.34	9.23	0.48	3.45	0.00	0.00	5.22	0.00	0.80	2.33	1.60
19	0.00	0.00	2.80	17.23	8.98	0.00	0.64	0.00	0.24	6.89	0.00	2.24	0.00	2.08
20	0.00	0.00	4.09	16.84	10.67	0.00	14.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.05	2.65
21	0.00	0.24	6.02	10.27	7.14	0.00	13.40	0.32	1.52	2.25	0.00	0.64	1.20	2.33
22	0.00	0.24	6.10	16.52	9.55	0.08	5.13	0.00	0.56	4.65	0.00	1.84	0.96	1.76
23	0.00	0.16	6.50	24.80	7.70	0.32	4.41	0.00	2.33	4.25	0.00	0.72	3.45	3.61
24	0.00	0.16	6.41	25.15	9.73	0.32	6.25	0.00	2.14	4.67	0.00	1.74	4.90	4.11
25	0.00	0.00	4.61	22.72	5.32	0.00	4.61	0.00	0.08	8.18	0.00	5.01	1.27	3.73
26	0.00	0.08	3.56	21.92	4.59	0.00	5.14	0.00	0.00	7.20	0.00	5.38	0.00	3.64
27	0.00	0.08	4.50	21.19	12.12	0.32	3.69	0.00	0.00	6.90	0.00	4.17	1.36	1.77
28	0.00	0.00	2.01	19.66	2.73	0.00	0.96	0.00	0.00	4.33	0.00	3.69	0.00	2.49
29	0.00	0.32	9.70	22.38	21.01	0.00	7.62	1.04	1.76	4.57	0.00	0.96	7.30	3.85
30	0.08	1.27	9.10	23.34	7.91	0.00	2.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.03	0.95
31	0.00	1.44	13.79	20.93	8.26	0.00	1.76	0.00	0.00	5.05	0.00	1.04	0.80	4.49
32	0.00	0.08	4.35	17.33	7.99	0.00	10.92	0.00	0.00	4.11	0.00	3.17	2.93	2.93
33	0.00	0.08	3.27	19.76	4.54	0.00	0.80	0.00	0.00	11.79	0.00	3.82	0.00	1.59
34	0.00	0.48	7.95	18.14	4.25	0.00	3.61	0.40	1.85	6.66	0.00	3.21	2.65	2.81

Mariz B. Perfil e manejo de 34 meliponicultores. gen: sexo, age: idade, btime: tempo que cria abelhas, network: tamanho da rede de contatos, oemeto: organização e método da criação (avaliação 1 a 5: organização do meliponário, das caixas e do ambiente), nbox: número de caixas, vol: volume da caixa em cm<sup>3</sup>. Baixada Maranhense APA, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

n	gen	age	btime	network	oemeto	nbox	vol
1	M	58	20	1	3.6667	108	19.3033
2	M	70	5	2	3	12	20.1233
3	M	75	70	3	2	51	14.64
4	M	40	20	11	4.4	39	19.2133
5	M	41	2	3	3	50	22.94
6	M	43	26	2	4.6667	74	14.64
7	M	73	11	2	3.6667	46	14.64
8	M	46	5	3	2.3333	83	10.07
9	M	63	6	5	5	21	18.2067
10	M	62	6	3	3.5	19	14.64
11	M	71	40	21	4.6667	320	20.0767
12	M	38	22	10	5	84	10.62
13	M	57	19	1	3	35	25.05
14	M	65	30	2	4.3333	190	13.2
15	M	68	12	4	2.3333	100	13.4367
16	M	79	40	2	2.5	300	20.37
17	M	63	15	1	4.3333	72	18.9467
18	M	37	10	2	4	184	18.6233
19	M	39	8	2	4.3333	36	18.56
20	M	39	12	4	3.6667	18	14.64
21	F	66	11	5	5	90	14.8667
22	F	65	18	1	4.3333	150	17.16
23	M	45	16	1	4.6667	15	16.65
24	M	60	11	4	3.3333	60	15
25	F	42	2	1	4	98	19.56
26	M	67	22	3	3.5	53	14.64
27	M	57	40	1	2	40	16
28	F	77	45	1	4	80	16.1533
29	M	58	7	40	4	80	14.64
30	M	40	20	11	4	36	18.9
31	M	48	30	6	3	50	24.24
32	F	36	8	2	4	54	17.8033
33	M	58	7	40	4	19	14.64
34	M	58	7	40	4	29	10.3933

Matriz C. Medidas de riqueza e abundância de 34 méis de diferentes paisagens de abelha de *Melipona fasciculata*. Baixada Maranhense APA, Maranhão state, Brazil, in 2018

n	Richness	Abundance
1	15	901
2	20	612
3	14	421
4	20	794
5	14	591
6	23	1038
7	22	780
8	17	690
9	18	572
10	21	740
11	26	870
12	13	547
13	19	1223
14	14	648
15	14	708
16	21	948
17	17	937
18	15	627
19	18	804
20	19	974
21	14	589
22	20	897
23	21	901
24	19	820
25	12	659
26	13	738
27	21	787
28	18	899
29	18	807
30	11	681
31	20	634
32	12	788
33	17	816
34	17	877

Matriz D. Matriz de contagem dos tipos polínicos nas 34 amostras de méis de *Melipona fasciculata*. n: identifica o meliponário. As cores representam: alaranjada: contagens de pólen com 9 a 79 % de abundância relativa e que explicam a origem floral dos méis; amarela: contagens de tipos < 9 % que indicam plantas raras que fornecem: pólen, anemófilas ou desconhecidas. Baixada Maranhense APA, Maranhão state, Brazil, in 2018.

n	sp8	sp72	sp23	sp59	sp50	sp9	sp1	sp48	sp64	sp37	sp49	sp33	sp68	sp45	sp71	sp10	sp31
1	0	3	0	144	9	0	9	9	0	316	30	0	48	156	0	0	0
2	3	42	66	24	0	0	12	0	0	162	78	0	39	6	0	0	21
3	0	9	0	108	0	0	2	0	0	15	33	0	3	0	3	0	0
4	21	15	156	0	66	15	57	12	0	150	78	0	0	0	0	0	0
5	0	198	153	42	13	3	24	0	0	0	0	0	0	13	14	0	0
6	0	216	36	96	39	0	3	0	0	18	26	0	0	0	48	0	198
7	16	246	168	98	15	0	3	0	0	2	39	0	0	12	42	0	36
8	0	58	0	88	34	3	3	0	33	0	0	0	0	100	0	0	0
9	0	21	0	27	4	0	0	27	306	12	63	0	27	0	6	0	3
10	0	110	0	70	15	0	0	15	300	28	4	0	4	0	36	0	12
11	0	69	2	60	69	6	3	11	4	33	0	0	136	0	9	306	0
12	0	186	0	0	42	0	9	96	0	30	24	0	23	0	49	0	0
13	0	60	10	0	30	0	306	42	142	48	16	114	84	12	52	0	6
14	282	33	81	30	12	18	0	46	0	0	0	0	0	0	6	0	0
15	264	123	0	45	21	0	96	0	0	0	0	15	0	0	0	0	20
16	356	126	12	64	12	40	80	64	0	0	4	41	0	0	12	24	0
17	306	58	12	10	78	45	54	120	0	3	0	108	0	0	16	0	0
18	229	0	2	10	15	33	57	63	0	0	61	0	0	0	3	3	0
19	0	21	0	24	166	0	29	4	0	0	22	0	3	0	135	0	0
20	0	0	2	126	66	0	36	126	111	0	94	0	126	0	3	0	0
21	21	0	315	0	45	0	10	10	0	0	0	0	0	0	34	0	0
22	10	36	5	10	54	0	36	0	2	0	172	27	0	0	2	0	0
23	198	90	0	30	33	76	36	0	0	0	0	27	0	9	10	118	0
24	228	135	27	4	20	186	90	20	0	0	6	12	0	18	0	0	0
25	252	24	0	0	46	210	15	21	0	0	36	28	0	0	0	0	0
26	354	22	0	15	24	256	12	0	0	0	19	12	0	0	0	0	0
27	0	51	15	28	105	0	4	12	4	0	0	4	0	186	10	21	0
28	52	16	76	0	0	0	188	0	0	50	75	189	0	0	16	3	0
29	194	10	0	44	80	44	0	0	40	9	0	0	0	3	42	97	98
30	67	0	108	28	4	15	6	0	0	0	20	0	75	0	0	0	0
31	6	15	15	177	10	0	0	0	0	26	38	0	30	4	12	0	0
32	150	6	0	18	34	216	6	280	0	6	0	20	0	0	28	0	0
33	0	0	0	12	88	0	0	36	16	0	0	78	2	0	0	0	108
34	0	172	222	0	22	30	0	30	0	33	0	69	0	75	4	4	22



## Continuação Matriz D

n	sp53	sp69	sp29	sp73	sp4	sp76	sp61	sp79	sp20	sp52	sp60	sp5	sp35	sp38	sp80
1	0	64	59		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
2	15	6	9		0	54	0	0	5	0	0	0	0	0	36
3	0	0	0		0	15	0	0	0	0	138	0	0	0	3
4	0	30	0		0	0	0	0	18	4	0	12	0	0	21
5	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	33	15	0	8
6	9	9	0		0	132	0	30	3	28	0	0	3	0	0
7	0	0	0		0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0
8	0	0	0		0	12	0	204	2	0	0	100	0	8	12
9	0	0	0		0	0	12	0	0	0	0	0	27	0	10
10	0	33	0		0	18	0	30	0	3	0	0	39	0	9
11	55	3	0		0	0	0	4	18	0	30	0	6	0	12
12	3	0	23		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	16	0	0		0	84	63	28	0	76	0	0	0	0	0
14	14	9	0		0	0	0	11	0	62	0	0	0	0	0
15	51	0	0		0	21	0	21	15	3	0	0	10	0	0
16	24	3	0		0	0	0	17	3	15	9	0	16	0	0
17	33	0	0		0	70	0	3	4	16	0	0	0	0	0
18	2	0	132		0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	6	0	104		0	80	2	0	0	2	0	0	81	0	0
20	27	150	0		0	0	0	0	0	42	0	0	0	0	27
21	30	0	0		0	80	16	0	0	0	0	0	2	0	6
22	104	0	0		0	85	13	0	116	0	14	0	51	0	30
23	36	0	0		0	46	3	0	76	0	9	0	0	0	0
24	5	0	0		0	0	0	0	3	0	0	0	18	0	4
25	16	0	0		0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	4
26	0	0	4		0	0	0	12	3	0	0	0	2	0	0
27	30	0	10		0	28	0	0	3	159	0	0	3	0	3
28	48	0	0		0	0	0	0	111	26	4	0	0	0	3
29	0	0	0		0	0	50	6	10	0	0	0	0	0	0
30	0	55	0		0	0	54	0	0	0	0	0	0	240	9
31	0	0	62		0	0	16	0	0	21	0	164	0	0	4
32	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	105		0	92	0	0	6	6	21	0	0	15	216
34	0	159	0		0	0	0	0	0	3	0	0	14	0	0





Continuação Matriz D

Matriz E																		
n	sp41	sp22	sp25	sp44	sp54	sp7	sp63	sp13	sp18	sp30	sp43	sp55	sp57	sp62	sp11	sp32	sp36	sp74
1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	4	0	2	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0

Matriz E. Medidas de riqueza de formas de vida em %, exceto VineFVR em unidades, FVR: riqueza de forma de vida, FVA: abundância de forma de vida, aq.herb: erva aquática, Vine: liana ou trepadeira, de 34 méis de paisagens abelha de *Melipona fasciculata*. Baixada Maranhense APA, Maranhão state, Brazil, in 2018.

n	FVR					
	aq.herbFVR	HerbFVR	PalmFVR	ShrubFVR	TreeFVR	VineFVR
1	0	18.18	9.09	45.45	27.27	1
2	8.33	16.67	8.33	41.67	25	3
3	0	33.33	11.11	33.33	22.22	0
4	14.29	14.29	7.14	42.86	21.43	3
5	12.5	0	12.5	50	25	2
6	0	29.41	5.88	35.29	29.41	2
7	6.67	20	6.67	33.33	33.33	2
8	9.09	9.09	9.09	45.45	27.27	0
9	0	21.43	0	57.14	21.43	0
10	0	18.75	0	50	31.25	1
11	5.88	35.29	5.88	23.53	29.41	2
12	0	33.33	8.33	33.33	25	0
13	0	23.08	7.69	38.46	30.77	2
14	20	10	0	30	40	2
15	12.5	12.5	12.5	37.5	25	1
16	13.33	13.33	13.33	33.33	26.67	2
17	16.67	16.67	8.33	25	33.33	2
18	16.67	16.67	16.67	33.33	16.67	1
19	0	21.43	7.14	42.86	28.57	1
20	0	18.18	18.18	27.27	36.36	2
21	11.11	22.22	11.11	22.22	33.33	1
22	7.69	23.08	7.69	23.08	38.46	3
23	13.33	20	13.33	26.67	26.67	1
24	16.67	8.33	25	50	0	2
25	25	12.5	12.5	37.5	12.5	0
26	22.22	0	11.11	44.44	22.22	1
27	0	21.43	7.14	35.71	35.71	3
28	9.09	27.27	18.18	18.18	27.27	3
29	15.38	23.08	0	46.15	15.38	1
30	25	0	12.5	37.5	25	2
31	6.67	6.67	0	46.67	40	1
32	22.22	11.11	22.22	33.33	11.11	0
33	0	10	0	30	60	1
34	8.33	33.33	0	25	33.33	1

## Continuação Matriz E.

n	FVA					
	Aq.HerbFVA	HerbFVA	PalmFVA	ShrubFVA	TreeFVA	VineFVA
1	0	38.4	1	41.29	18.98	0.33
2	0.49	32.52	1.96	35.29	17.65	12.09
3	0	14.01	0.48	47.74	37.77	0
4	4.53	31.36	7.18	23.55	5.79	27.58
5	3.05	2.88	4.06	45.52	7.95	36.55
6	0.29	17.24	0.29	57.03	18.98	6.17
7	2.05	6.79	0.38	55.9	7.82	27.05
8	1.59	11.59	0.43	69.57	16.81	0
9	4.72	58.92	0	30.24	6.12	0
10	5.27	46.76	0	34.86	12.7	0.41
11	1.38	54.48	0.57	18.16	23.1	2.3
12	0	24.68	1.65	56.31	17.37	0
13	0	19.3	25.02	16.27	26.49	12.92
14	46.3	4.01	0	16.82	14.2	18.67
15	38.7	10.17	13.56	26.98	6.36	4.24
16	43.46	6.33	10.97	27.43	5.91	5.91
17	37.46	12.17	5.76	20.06	11.31	13.23
18	41.79	3.19	10.05	21.53	23.13	0.32
19	10.07	33.08	3.61	9.33	40.3	3.61
20	0	21.87	4.93	38.3	33.88	1.03
21	3.9	14.77	1.7	3.23	22.92	53.48
22	1.11	18.06	4.01	27.65	44.93	4.24
23	30.41	21.31	9.99	14.65	18.98	4.66
24	52.68	3.05	14.76	23.17	1.22	5.12
25	70.11	9.41	2.28	12.9	1.06	4.25
26	82.93	3.25	1.63	7.99	2.17	2.03
27	0.38	20.33	0.51	35.58	20.2	23
28	5.78	11.23	23.58	10.9	14.79	33.7
29	29.49	28	0	28.38	12.89	1.24
30	12.04	0.59	0.88	16.3	19.09	51.1
31	0.95	8.52	0	41.17	47	2.37
32	46.45	5.08	3.05	38.58	4.31	2.54
33	1.84	12.75	0	45.59	29.53	10.29
34	5.02	8.44	0	34.09	19.27	33.18

Matriz F. Informação geográfica de 34 paisagens de abelhas *Melipona fasciculata*. Y: Latitude, X: longitude e demais transformações. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

n	Y	Y <sup>2</sup>	Y <sup>3</sup>	X	XY	XY <sup>2</sup>	X <sup>2</sup>	YX <sup>2</sup>	X <sup>3</sup>
1	-3.47918	12.10469	-42.1144	-44.8409	156.0096	-542.785	2010.708	-6995.61	-90162.0
2	-3.42704	11.74463	-40.2494	-44.8057	153.5511	-526.226	2007.551	-6879.97	-89949.7
3	-3.39025	11.4938	-38.9669	-44.8127	151.9264	-515.069	2008.182	-6808.24	-89992.1
4	-3.41676	11.67426	-39.8881	-44.7818	153.0087	-522.794	2005.41	-6852.01	-89805.9
5	-3.26389	10.65297	-34.7701	-44.6173	145.6258	-475.306	1990.699	-6497.42	-88819.5
6	-3.10233	9.624445	-29.8582	-45.0332	139.7077	-433.419	2027.987	-6291.48	-91326.7
7	-2.96095	8.767231	-25.9593	-44.7992	132.6483	-392.765	2006.97	-5942.54	-89910.7
8	-2.92154	8.535384	-24.9364	-44.9001	131.1773	-383.240	2016.019	-5889.88	-90519.5
9	-2.23873	5.011903	-11.2203	-45.2823	101.3747	-226.950	2050.486	-4590.48	-92850.7
10	-2.22327	4.942929	-10.9895	-45.3094	100.7351	-223.961	2052.943	-4564.25	-93017.6
11	-2.70317	7.307117	-19.7524	-44.8960	121.3615	-328.061	2015.653	-5448.65	-90494.8
12	-2.44384	5.972359	-14.5955	-45.1133	110.2496	-269.433	2035.206	-4973.72	-91814.8
13	-2.48632	6.181802	-15.3700	-44.8603	111.5373	-277.318	2012.449	-5003.60	-90279.1
14	-2.56470	6.577660	-16.8697	-44.7729	114.8290	-294.501	2004.617	-5141.23	-89752.6
15	-2.56564	6.582524	-16.8884	-44.8161	114.9820	-295.003	2008.480	-5153.04	-90012.2
16	-2.57380	6.624441	-17.0500	-44.8511	115.4377	-297.113	2011.621	-5177.51	-90223.4
17	-2.63448	6.940480	-18.2845	-44.8586	118.1789	-311.34	2012.290	-5301.34	-90268.4
18	-2.62341	6.882270	-18.0550	-44.8603	117.6869	-308.741	2012.447	-5279.47	-90279.0
19	-2.66423	7.098127	-18.9110	-44.9258	119.6927	-318.889	2018.327	-5377.29	-90675.0
20	-2.44567	5.981302	-14.6283	-45.0942	110.2856	-269.722	2033.488	-4973.24	-91698.5
21	-2.70100	7.295390	-19.7048	-44.8273	121.0784	-327.032	2009.484	-5427.61	-90079.7
22	-2.63483	6.942350	-18.2919	-44.8822	118.2571	-311.588	2014.410	-5307.64	-90411.1
23	-2.57575	6.634504	-17.0888	-44.8544	115.5337	-297.586	2011.914	-5182.19	-90243.1
24	-2.57803	6.646249	-17.1342	-44.8440	115.6093	-298.044	2010.985	-5184.38	-90180.6
25	-2.56851	6.597259	-16.9451	-44.8292	115.1443	-295.75	2009.655	-5161.82	-90091.1
26	-2.56758	6.592467	-16.9267	-44.8207	115.0808	-295.479	2008.896	-5158.00	-90040.1
27	-2.68997	7.235933	-19.4644	-44.9025	120.7864	-324.912	2016.236	-5423.61	-90534.0
28	-2.55162	6.510770	-16.6130	-44.8221	114.3691	-291.827	2009.023	-5126.27	-90048.7
29	-2.89802	8.398537	-24.3392	-44.8837	130.0739	-376.957	2014.544	-5838.19	-90420.1
30	-3.36495	11.32287	-38.1009	-44.7375	150.5394	-506.557	2001.445	-6734.76	-89539.7
31	-3.39714	11.54058	-39.2050	-44.8027	152.2012	-517.049	2007.284	-6819.03	-89931.8
32	-2.59001	6.708152	-17.3742	-44.8277	116.1042	-300.711	2009.523	-5204.68	-90082.3
33	-2.85965	8.177598	-23.3851	-44.9499	128.5411	-367.583	2020.497	-5777.91	-90821.2
34	-2.86745	8.222252	-23.5769	-44.6524	128.0385	-367.144	1993.840	-5717.23	-89029.8

Matriz 'G'. Medidas de entropia, lscj: entropia conjunta  $H(x,y)$ , lscnt: entropia marginal  $H(y)$ , lsccondent: entropia condicional  $H(y|x)$ , lscmutinf: informação mútua  $I(y,x)$ , Umutrel: informação mútua relativa  $I/H(y)$ , hyu: diagrama  $hyu U \times I$ . Medidas de clima, prec: precipitação pluviométrica anual, drainy: dias de chuva anual, mmday: média de chuva por dia, of 34 bee landscape from *M. fasciculata*. Baixada Maranhense APA, Maranhão state, Brazil, in 2018.

n.	lscj	lscnt	lsccondent	lscmutinf	umultinf	Umutrel	hyu	prec	drainy	mmday
1	3.235	2.025417	1.209943	0.815473	0.40262	0.19878	0.40262	2126.53	186	11.43
2	3.9267	2.606504	1.320289	1.286214	0.493463	0.18932	0.493463	2185.91	181	12.08
3	3.5776	2.407647	1.170019	1.237628	0.51404	0.21350	0.51404	2251.41	182	12.37
4	3.9464	2.499262	1.447219	1.052042	0.420941	0.16842	0.420941	2209.11	187	11.81
5	3.9143	2.614321	1.300044	1.314277	0.502722	0.19229	0.502722	2328.91	181	12.87
6	3.4187	2.170529	1.248202	0.922327	0.424932	0.19577	0.424932	2196.14	175	12.55
7	4.3565	2.851675	1.504902	1.346773	0.472274	0.16561	0.472274	2215.28	172	12.88
8	3.3157	1.983645	1.332133	0.651513	0.328442	0.16557	0.328442	2307.51	179	12.89
9	3.9090	2.416221	1.492847	0.923374	0.382156	0.15816	0.382156	2442.49	158	15.46
10	3.4036	2.219511	1.1841	1.035411	0.466504	0.21018	0.466504	2447.34	151	16.21
11	3.8219	2.47503	1.346966	1.128064	0.455778	0.18415	0.455778	2274.71	171	13.30
12	3.5001	2.133883	1.366278	0.767605	0.359722	0.16857	0.359722	2149.08	160	13.43
13	2.2458	1.32069	0.925118	0.395571	0.299519	0.22679	0.299519	2180.84	154	14.16
14	2.9231	1.934835	0.98833	0.946505	0.489192	0.25283	0.489192	2151.94	157	13.71
15	3.2732	2.0001	1.273198	0.726902	0.363433	0.18170	0.363433	2146.00	159	13.50
16	3.5059	2.093314	1.412663	0.680651	0.325155	0.15533	0.325155	2151.73	163	13.20
17	3.8361	2.655589	1.18057	1.475019	0.555439	0.20915	0.555439	2137.22	162	13.19
18	3.4191	2.192754	1.226356	0.966398	0.440723	0.20099	0.440723	2137.22	162	13.19
19	2.7791	1.657983	1.121327	0.536656	0.32368	0.19522	0.32368	2165.73	164	13.21
20	3.4243	2.157213	1.267122	0.890091	0.412611	0.19127	0.412611	2157.24	161	13.40
21	3.6106	2.392294	1.218392	1.173902	0.490701	0.20511	0.490701	2153.05	165	13.05
22	3.8096	2.519661	1.289945	1.229716	0.488048	0.19369	0.488048	2137.22	162	13.19
23	3.4345	2.05333	1.381224	0.672106	0.327325	0.15941	0.327325	2151.73	163	13.20
24	3.8282	2.326663	1.501593	0.82507	0.354615	0.15241	0.354615	2146.00	159	13.50
25	3.3342	2.002451	1.331813	0.670638	0.334909	0.16724	0.334909	2146.00	159	13.50
26	3.3130	2.02599	1.287066	0.738924	0.364722	0.18002	0.364722	2146.00	159	13.50
27	3.7809	2.378255	1.402689	0.975566	0.410202	0.17248	0.410202	2165.73	164	13.21
28	2.2530	1.342058	0.910964	0.431094	0.321219	0.23934	0.321219	2146.00	159	13.50
29	4.5392	2.775108	1.764104	1.011004	0.364312	0.13127	0.364312	2192.93	175	12.53
30	3.1139	1.859585	1.254323	0.605263	0.325483	0.17503	0.325483	2338.86	189	12.38
31	3.7597	2.476948	1.282922	1.194026	0.482055	0.19461	0.482055	2251.41	182	12.37
32	3.4340	2.19447	1.239615	0.954856	0.435119	0.19828	0.435119	2146.00	159	13.50
33	2.8940	1.678966	1.215063	0.463903	0.276303	0.16456	0.276303	2200.01	174	12.64
34	4.1796	2.848092	1.331533	1.516558	0.532482	0.18696	0.532482	2204.10	172	12.82



**Do capítulo IV:**

Matrizes geradoras das análises, esclarecimento:

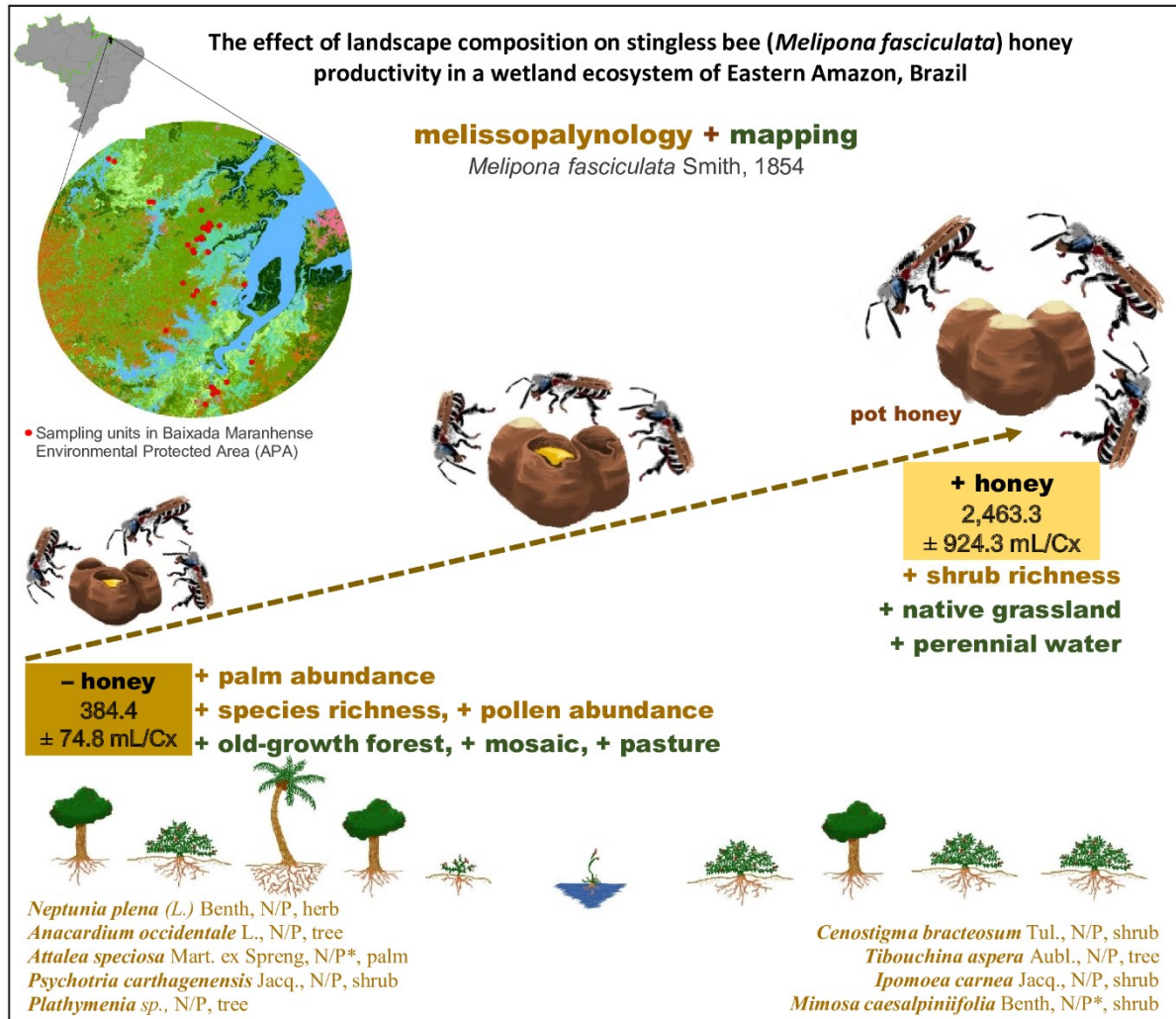
B: forma de vida das espécies identificadas por meliponários (riqueza e abundância) (é a mesma matriz E do capítulo III)

C: contagens de espécies botânicas (é a mesma matriz D do capítulo III)

D: LULC porcentagem de cobertura das classes (%) da paisagem da abelha e clima (são as mesmas matrizes A1 e G do capítulo III)

APÊNDICE B - Figura resumo para revista Journal of Apicultural Research

Figura 4. Figura resumo para revista Journal of Apicultural Research, parte do artigo: o efeito da composição da paisagem na produtividade do mel de abelhas sem ferrão (*Melipona fasciculata*) em um ecossistema de zonas úmidas da Amazônia Oriental, Brasil.



N - nectariferous; P - polliniferous; \* - too much pollen; mosaic - includes shifting agriculture, sand formations, small pastures and villages.

APÊNDICE C - Entrevista semiestruturada e ficha de colheita de mel

**Resiliência dos agroecossistemas camponeses com meliponicultura no Maranhão.**

**Pesquisador:** Silver Jonas. **Orientadora:** Danielle Celentano

Questionário nº \_\_\_\_\_ Entrevistador: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**Questões para o (a) meliponicultor (a):** GPS \_\_\_\_\_

1. Local \_\_\_\_\_

2. Entrevistado \_\_\_\_\_ N° Cel. \_\_\_\_\_

3. Idade \_\_\_\_\_ 4. Atividade econômica principal: \_\_\_\_\_

5. Origem geográfica da família: \_\_\_\_\_

6. Líder? Onde? \_\_\_\_\_

7. Quais espécies? \_\_\_\_\_

8. **Quanto tempo** nessa atividade? \_\_\_\_\_

9. **Com quem** aprendeu? \_\_\_\_\_

10. **Está feliz** com elas? Quer desistir? \_\_\_\_\_

11. **Origem** das abelhas (local, compra/troca)? \_\_\_\_\_

12. Você acredita que **a paisagem ao redor influi** sobre a sua criação de abelhas, como? \_\_\_\_\_

13. **A produção de mel depende mais de que? e da paisagem?** \_\_\_\_\_

14. **Quantas caixas** 2018/2019? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 15. Produção anual média: \_\_\_\_\_

16. **A produção total de mel em** 2015/2016/2017/2018 \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

17. **Alimentou** colônias 2017/2018? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ 18. Capturou **forídeos?** como? \_\_\_\_\_

19. **Multiplicou** as colônias? Como? 2017/2018? \_\_\_\_\_

20. O Sr(a) **está organizado** em associação, sindicato ou cooperativa? Qual o nome? Quem é o representante? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

21. **Quantos outros** (as) meliponicultor (as) indica para visitar (nome) Onde? \_\_\_\_\_

22. Você acredita que essa pesquisa seria útil à você? Porque? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

23. Tem interesse em participar dessa pesquisa? (TCLE) \_\_\_\_\_



Continua

33. Qual o principal valor das abelhas para você? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
34. Me fale sobre os sabores dos seus meis \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
35. Tem a ver com alguma planta específicas? Quais? \_\_\_\_\_
36. Tem a ver com alguma época? Qual? \_\_\_\_\_
37. Porque você cria abelhas Tiúba? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
38. Porque seu mel é procurado? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
40. O que seus clientes dizem do seu mel? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
39. Como faz a maturação do mel? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
40. Como são as embalagens do mel? \_\_\_\_\_
41. Qual preço vende mel (menor, maior, média)? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
42. Qual preço vende enxames (menor, maior, média)? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
43. Qual preço vende geoprópolis (menor, maior, média)? \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_
44. Para onde vende mel? \_\_\_\_\_
45. Para onde vende enxames? \_\_\_\_\_
46. Para onde vende geoprópolis? \_\_\_\_\_
47. Alguém te ajuda a vender o mel, enxames, geoprópolis? Atravessador? \_\_\_\_\_
48. Posso fotografar seu meliponário com sua presença (5m) ? \_\_\_\_\_

**Avaliação, feita por mim.**

49. Material cobertura do meliponário: \_\_\_\_\_  
 altura cumeeira: \_\_\_\_\_ ; altura pé direito: \_\_\_\_\_  
 beira telhado poente: \_\_\_\_\_ m; linha cumeeira relativo ao norte (gps): \_\_\_\_\_ graus  
 Obs.: \_\_\_\_\_
50. Análise geral da atividade,

Continua

**Ficha de colheita de mel**

Código: Nº/Inicial/Município: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Horário: \_\_\_\_\_

Contagem número de caixas em produção: \_\_\_\_\_ unids.

(sorteio aleatório)

**Caixa 1. nº** \_\_\_\_ Anotar aqui e na caixa.

Volume interno da caixa: \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm,

Volume total colhido: \_\_\_\_\_ mL

**Caixa 2. nº** \_\_\_\_ Anotar aqui e na caixa.

Volume interno da caixa: \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm,

Volume total colhido: \_\_\_\_\_ mL

**Caixa 3. nº** \_\_\_\_ Anotar aqui e na caixa.

Volume interno da caixa: \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm X \_\_\_\_\_ cm,

Altura / Largura (frente) / Comprimento (profund.)

Volume total colhido: \_\_\_\_\_ mL

**Observações:** Fotografia do meliponário com a família ou o meliponicultor. Capturar algumas abelhas de cada caixa, separadamente, em Tubo falcon, 15 mL, álcool absoluto.

Avaliação do pesquisador: Pode ser feita após a visita.

Pior - 1, 2, 3, 4, 5 + Melhor

**Outras observações:**

Qualidade das caixas: 1-5	
Limpeza meliponário: 1-5	
Organização meliponário: 1-5	

## APÊNDICE D - Figuras extras da execução da pesquisa

### **Figuras ilustrativas das atividades da pesquisa:**

Figura 1. Alguns dos meliponicultores envolvidos na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

Figura 2. Esquema de localização e mapeamento das paisagens utilizadas pelas abelhas na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

Figura 3. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre produtividade de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

Figura 4. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre características físico-química de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

Figura 5. Diversos momentos da etapa de campo da pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

Figura 1. Alguns meliponicultores (as) envolvidos na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.





Figura 2. Esquema de localização e mapeamento das paisagens da abelha utilizados na pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

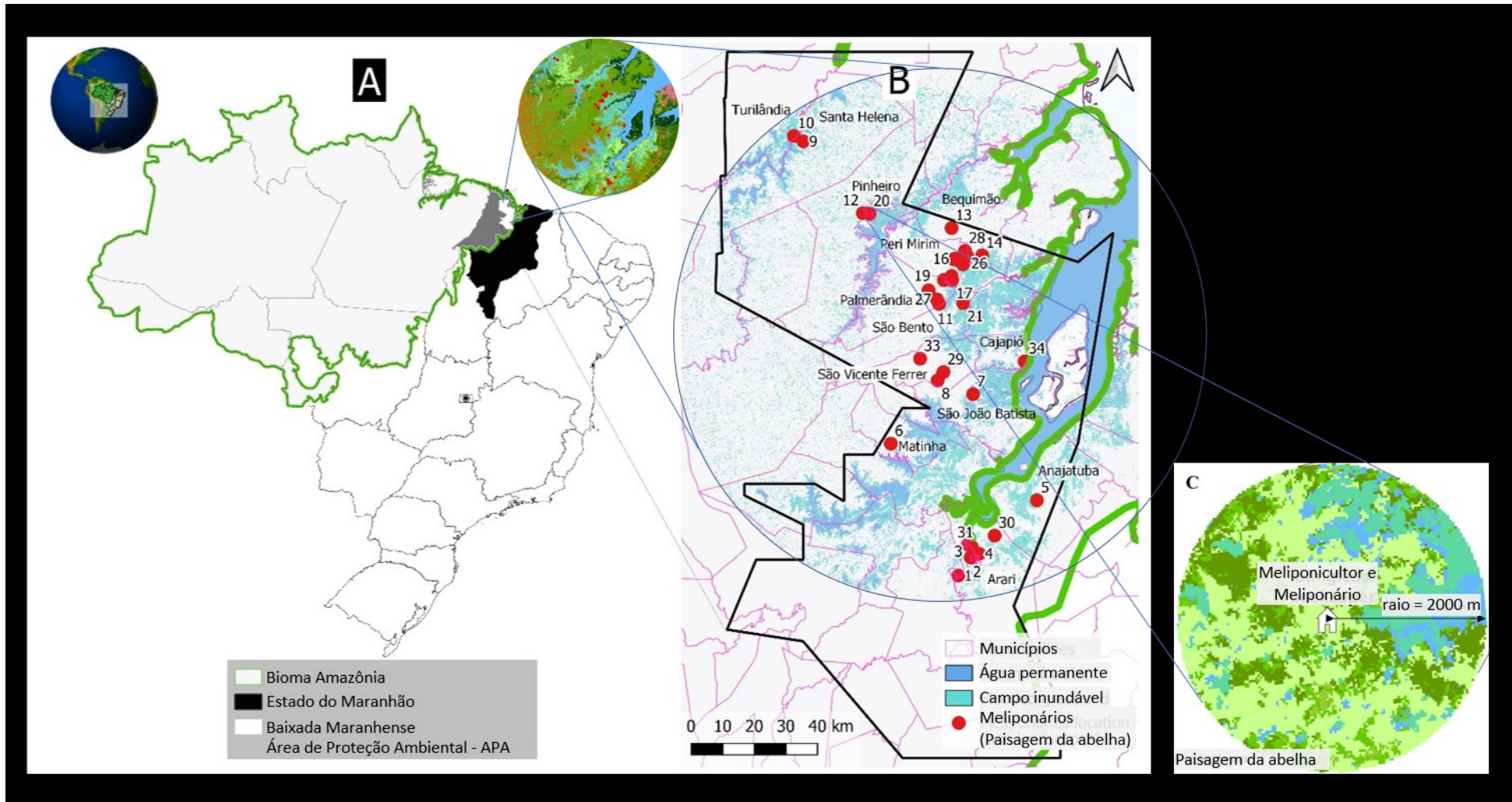


Figura 3. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre produtividade de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

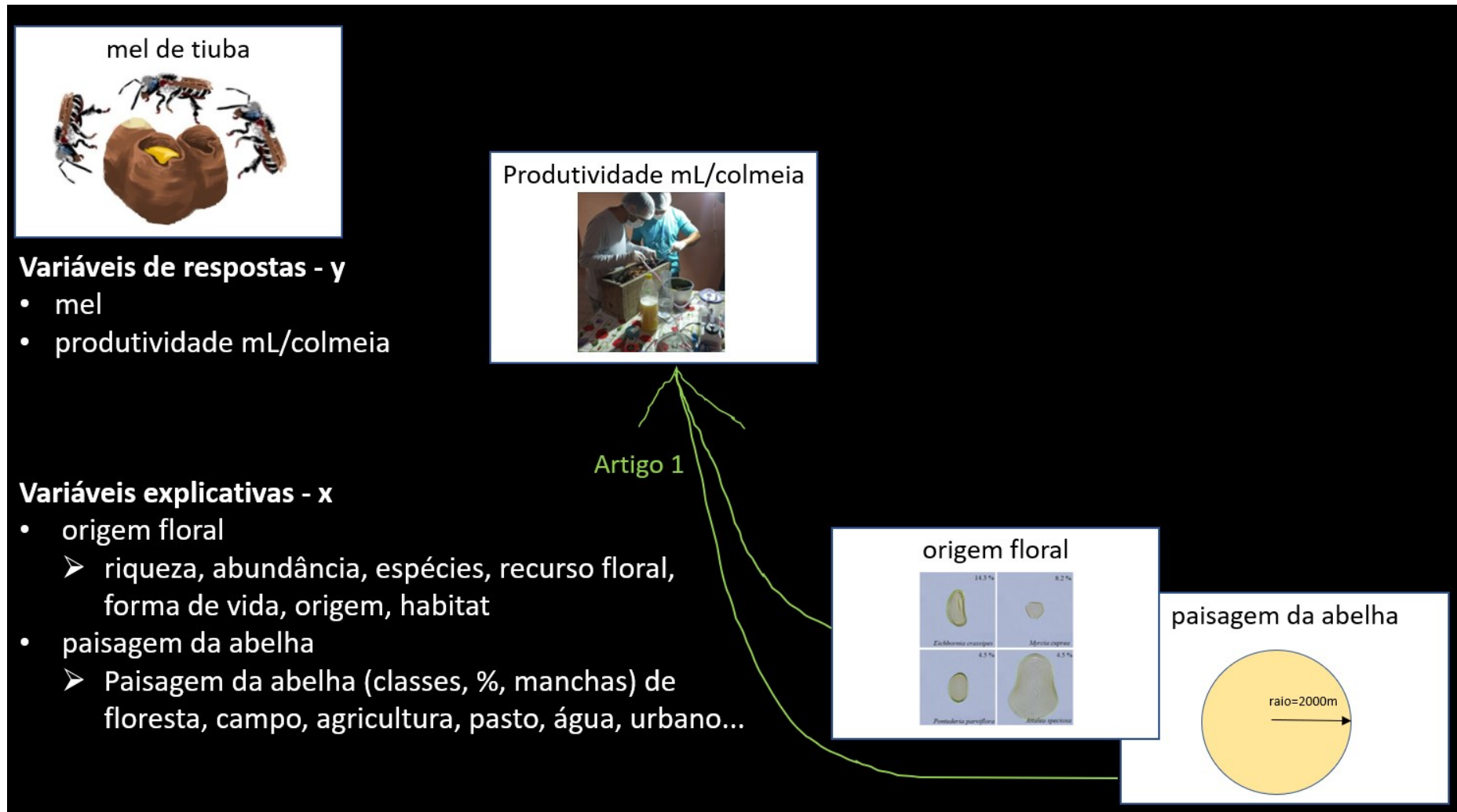


Figura 4. Esquema de análise das variáveis do artigo sobre características físico-química de mel de *Melipona fasciculata*. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018.

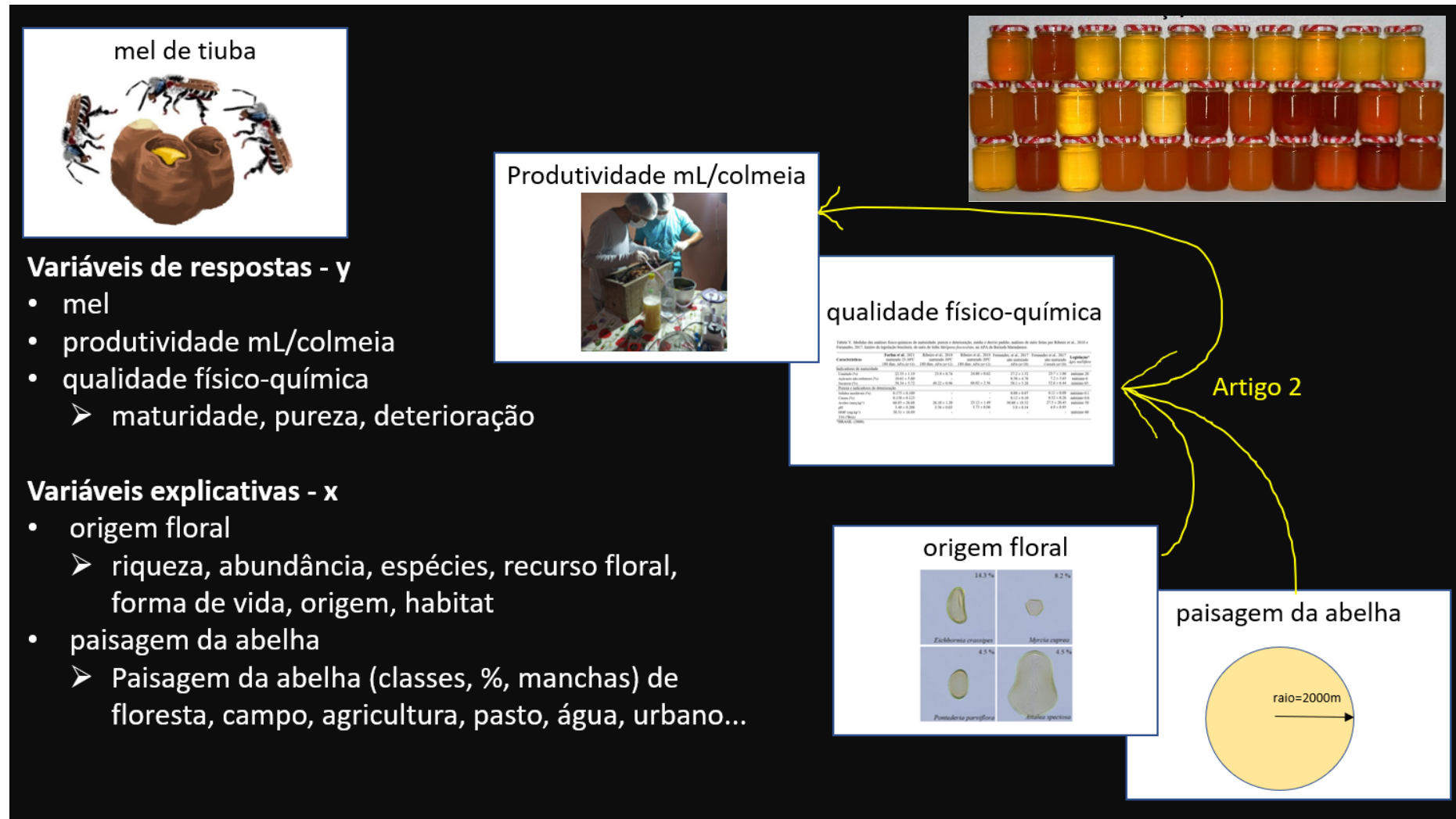


Figura 5. Diversos momentos da etapa de campo da pesquisa. APA da Baixada Maranhense, estado do Maranhão, Brasil, em 2018

