



**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**RECURSOS POLÍNICOS COLETADOS POR *Melipona* Illiger, 1806 e  
*Frieseomelitta* Ihering, 1912 (Apidae-Apinae-Meliponini) EM MATAS DE  
IGAPÓ DO RIO NEGRO, AMAZONAS, BRASIL**

**Alyne Daniele Alves Pimentel**

MANAUS  
FEVEREIRO/2020



**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA**

**RECURSOS POLÍNICOS COLETADOS POR *Melipona* Illiger, 1806 e  
*Frieseomelitta* Ihering, 1912 (Apidae-Apinae-Meliponini) EM MATAS DE  
IGAPÓ DO RIO NEGRO, AMAZONAS, BRASIL**

**Alyne Daniele Alves Pimentel**

ORIENTADORA: Dra. Maria Lúcia Absy

COORIENTADOR: Dr. André Rodrigo Rech

COORIENTADOR: Dra. Vanessa Holanda Righetti de Abreu

Dissertação apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Botânica.

MANAUS  
FEVEREIRO/2020

SEDAB/INPA © 2019 - Ficha Catalográfica Automática gerada com dados fornecidos pelo(a) autor(a)  
Bibliotecário responsável: Jorge Luiz Cativo Alauzo - CRB11/908

644r

Pimentel, Alyne Daniele Alves  
RECURSOS POLÍNICOS COLETADOS POR Melipona  
Illiger, 1806 e Frieseomelitta Ihering, 1912  
(Apidae-Apinae-Meliponini) EM MATAS DE IGAPÓ DO RIO  
NEGRO, AMAZONAS, BRASIL / Alyne Daniele Alves  
Pimentel; orientadora Maria Lucia Absy;  
coorientador André Rodrigo Rech. -- Manaus:[s.l],  
2020.

62 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação  
em Botânica) -- Coordenação do Programa de  
PósGraduação, INPA, 2020.

1. Palinologia. 2. Abelhas sem ferrão. 3. Nicho  
trófico. 4. Tipos polínicos. I. Absy, Maria Lucia,  
orient. II. Rech, André Rodrigo, coorient. III.  
Título.

**CDD: 580**

**Dedicatória**

Esta obra é dedica a memória de Dr. João Maria Franco Camargo, coletor do material analisado e, portanto, grande incentivador deste trabalho. Este estudo é um reconhecimento a esse brilhante pesquisador que tanto conhecimento gerou acerca da taxonomia e sistemática das abelhas-sem-ferrão.

## **Agradecimentos**

Impreterivelmente antes de qualquer ser, agradeço profundamente ao autor da minha história, que sempre me colocou de pé e me iluminou em todos os momentos dessa trajetória - DEUS. Obrigada! Pela tua força, pelo teu amor, e pelo teu olhar de pai em todos os momentos.

Em segundo lugar, a essa pessoa que sempre me amou independente de qualquer coisa e se dedicou para dar-me o melhor- MÃE. O que seria de mim sem você, sem seu aconchego, sem suas preocupações, sem seus conselhos, sem sua força. Força esta que se transfere a mim, em forma de garra e força de vontade, pois quando te vejo sinto vontade de lhe proporcionar sempre o melhor, por isso nunca desisto. Você é a minha inspiração, pois almejo o teu orgulho, e uma vida melhor para você.

Ao meu esposo LUIZ PIMENTEL, por seu amor, paciência e compreensão em minhas inúmeras ausências em nosso lar. Se não fosse sua confiança e seu companheirismo em todos os momentos, tudo isso teria sido mais difícil do que foi. Você é o maior incentivador do meu sucesso, por isso desejo compartilhá-lo sempre com você, Te Amo!

Às minhas famílias, Pontes e Pimentel que sempre torceram por mim. Sou muito abençoada em tê-los comigo, obrigada pelo amor de sempre. Aos amigos queridos de Santarém-Manaus que estiverem comigo nessa trajetória, sempre me incentivaram e torceram pelo meu sucesso, vocês fazem toda a diferença na minha vida. Ao casal que me acolheu com amor e tanto me ajudou nessa trajetória- TONY e SHERLLEY, vocês não sabem o quanto foram importantes pra mim, nem sei se serei capaz de retribuí-los um dia.

Ao INPA que me concedeu essa oportunidade e todo suporte quando necessário através de nosso querido coordenador MIKE HOPKINS. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela bolsa de estudos concedidas a mim, que é de grande importância para o suporte financeiro durante essa etapa.

Meus agradecimentos se estendem também a minha renomada orientadora- MARIA LUCIA ABSY e ao Laboratório de Palinologia pelo suporte, sou muito grata por essa oportunidade. À VANESSA RIGHETTI- como gostaria que todos os orientadores fossem como você, dedicados, pacientes e amigos. E ao querido ANDRÉ RECH você tornou essa experiência mais leve e incrível, obrigada por ser orientador e amigo e por compartilhar seu conhecimento comigo, és uma pessoa incrível, só te desejo SUCESSO.

Por fim, mas não menos importante, aos amigos que o INPA e a vida me concederam: Marcos Ferreira e Alinne Rezende, vocês sempre foram incríveis, só consigo agradecer a Deus pela vida de vocês, obrigada por me socorrerem sempre que precisei, eu amo vocês. Bianca Tacoronte, Mayra Nina e Natália Moura vocês também foram importantíssimas nessa trajetória, muito obrigada!

**Epígrafe**

“A maior recompensa não é o que recebemos de  
nosso trabalho, mas o que nos tornamos devido a  
ele”

John Ruskin

## Resumo

Existe uma grande diversidade de meliponíneos no Brasil, em especial na Amazônia. Esses insetos possuem uma das funções mais importantes para a manutenção da vida no planeta: a polinização. Além disso, as abelhas possuem uma importância econômica: a meliponicultura, uma atividade rentável que sustenta muitas comunidades. Por isso trabalhos a respeito desses Meliponíneos são tão importantes. No ano de 1999, foi realizada uma excursão na Amazônia ao longo do canal do Rio Negro, liderada por pelo Dr. João Maria Franco de Camargo e realizadas coletas de material polínico de vários Meliponíneos. Neste estudo foram estudados os recursos polínicos de 10 espécies de abelhas sem ferrão, cujos os ninhos estavam dispostos ao longo de um trecho 1600km às margens do Rio Negro, Amazonas, Brasil. As amostras foram coletadas no período final da estação chuvosa (julho-agosto) do ano de 1999. O material foi retirado de potes de pólen encontrados em ninhos naturais. O material polínico foi homogeneizado e preparado segundo técnica usual de acetólise. O trabalho consistiu na identificação dos tipos polínicos, cálculo da sobreposição de nicho trófico entre pares de espécies de abelhas e análise de agrupamento das dietas. O trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo que no primeiro foram analisados potes de pólen de quatro espécies de abelhas pertencentes ao gênero *Frieseomelitta*. No segundo capítulo foram analisadas amostras de seis espécies de *Melipona*. Das 31 amostras obtidas dos ninhos de *Frieseomelitta* foram identificadas 65 espécies vegetais (29 famílias botânicas), sendo 18 destes, considerados atrativos para essas abelhas, enquanto três foram promotores de eventos de especialização temporária. Os resultados reafirmaram o padrão potencialmente generalistas dessas abelhas com a ocorrência de eventos de especialização temporária, sendo mais influenciado pelas condições locais do que pelo parentesco entre as espécies na coleta dos recursos polínicos. No segundo capítulo das 17 amostras obtidas de ninhos de *Melipona*, foram identificadas 32 espécies vegetais (17 famílias botânicas). Destas, 13 tipos polínicos foram considerados atrativos e cada pote de pólen, em média, apresentou cinco tipos polínicos. A curva de acumulação de espécies, produzidas por rarefação mostraram estabilização do número de espécies com a contagem de 600 grãos. Por fim, este trabalho sinaliza espécies botânicas importantes para cultivos próximos a ninhos das espécies de abelhas presentes neste estudo, seja para programas de conservação das espécies ou Meliponários.

**Palavras-chave:** Amazônia, abelhas-sem-ferrão, recursos tróficos, comportamento alimentar



## Abstract

There is a great diversity of meliponines in Brazil, especially in the Amazon. These insects have one of the most important functions for the maintenance of life on the planet: pollination. In addition, bees have an economic importance: meliponiculture, a profitable activity that sustains many communities. That is why work on these Meliponines is so important. In 1999, an excursion was made in the Amazon along the Rio Negro channel, led by Dr. João Maria Franco de Camargo and collections of pollen material from various Meliponines were carried out. In this study the pollen resources of 10 species of stingless bees were studied, whose nests were arranged along a 1600km stretch on the banks of the Rio Negro, Amazonas, Brazil. The samples were collected in the end of the rainy season (July-August) in 1999. The material was taken from pollen pots found in natural nests. The pollen material was homogenized and prepared according to the usual acetolysis technique. The work consisted of the identification of pollen types, calculation of the trophic niche overlap between pairs of bee species and cluster analysis of diets. The work was divided into two chapters, the first of which analyzed pollen pots from four species of bees belonging to the genus *Frieseomelitta*. In the second chapter, samples of six species of *Melipona* were analyzed. Of the 31 samples obtained from the *Frieseomelitta* nests, 32 plant species (17 botanical families) were identified, 12 of which were considered attractive to these bees, while six were promoters of temporary specialization events. The results reaffirmed the potentially generalist pattern of these bees with the occurrence of temporary specialization events, being more influenced by local conditions than by the kinship between species in the collection of pollen resources. In the second chapter of the 17 obtained from *Melipona* nests, 32 plant species (17 botanical families) were identified. Of these, 12 pollen types were considered attractive and each pollen pot, on average, had five pollen types. The species accumulation curve, produced by rarefaction, showed a stabilization of the number of species with the count of 600 grains. Finally, this work indicates important botanical species for crops close to nests of bee species present in this study, either for species conservation programs or Meliponaries.

Keywords: Amazon, stingless bees, trophic resources, meliponiculture, eating behavior

## SUMÁRIO

<b>1. LISTA DE TABELAS E FIGURAS.....</b>	<b>01</b>
<b>2. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>04</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>06</b>
<b>4. CAPÍTULO 1.....</b>	<b>07</b>
<b>5. CAPÍTULO 2.....</b>	<b>34</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>45</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>

## Lista de tabelas e figuras

CAPÍTULO 1: Pollen sources for *Frieseomelitta* Ihering 1912 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) bees along the course of the Rio Negro, Amazonas, Brazil.....7

Table 1. Species of *Frieseomelitta* bees, location of studied nests, Coordinate and number of collected pollen pots at five sites along the Rio Negro, between the cities of Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil.....22

Table 2. Pollen types found in the nests of *Frieseomelitta* stingless bees along the Negro river between Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil. *Frieseomelitta flavicornis* (1-Curicuriari; 2-Santa Isabel), *Frieseomelitta* sp. (3-Ponta do Camucuri), *Frieseomelitta portoi* (4-Igarapé Açu; 5-Santa Isabel) e *Frieseomelitta trichocerata* (6-Ilha do Pinto; 7- Santa Isabel; 8- Ponta do Camucuri), and their relative frequency (%) in the total samples of each bee analyzed along the Rio Negro, between the cities of Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil.....23

Table 3: Relative frequency (%) of pollen types (per pot) found inside the nests of *F. flavicornis*, *Frieseomelitta* sp, *F. portoi* and *F. trichocerata* found along Rio Negro riverside, Amazonas, Brazil. Bee species in the columns are numbered according to table 1, and the plant species in the rows are numbered according to table 2. Sites are coded as follows: SI – Santa Isabel do Rio Negro; CUR – Curicuriari; IA – Igarapé Açu; PC – Ponta do Cumucuri and IP – Ilha do Pinto.....26

Figure 1. Map showing sample sites along the Rio Negro channel, Amazonas, Brazil.....29

Figure 2. Mean accumulation curve (rarefaction) calculated for each counted sample of pollen found inside the nests of *Frieseomelitta* spp. along Rio Negro riverside, Amazonas, Brazil. Upper and lower lines correspond to the standard errors.....30

Figure 3: Cluster analysis of the pots of each nest of *F. flavicornis*, *Frieseomelitta* sp., *F. portoi* and *F. trichocerata* along the Rio Negro, Amazonas, Brazil, using pollen spectra identity per colony and a cluster method based on Bray Curtis Index similarity. Diferents symbols relate to different species, and colours are associated to the sampling site.....31

Figure 4. Dominance values (left side numbers) and cluster analysis of the pots of each nest of *F. flavicornis*, *Frieseomelitta* sp., *F. portoi* and *F. trichocerata* along the Rio Negro, Amazonas, Brazil, using pollen spectra identity per pot and a cluster method based on Bray Curtis Index similarity. Diferents symbols relate to different species, and colours are associated to the sampling site. Pots were representd by the same symbols and colours.....32

Figure 5. Photomicrographs of the main pollen types collected by bees of the *Frieseomelitta* genus along the Rio Negro, Amazonas, Brazil. Araliaceae - Araliaceae tipo (A); *Schefflera* tipo (B); Arecaceae - *Bactris brongniartii* (C); *Bactris gasipaes* (D); *Euterpe* tipo (E); *Iriartella setigera* (F); Cyperaceae – *Scleria* tipo (G); Euphorbiaceae – *Croton cajucara* (H,I); *Mabea nitida* (J); Fabaceae – *Cynometra marginata* (K); *Cynometra* tipo (L); *Schizolobium amazonicum* (M); *Swartzia* tipo (N); Salicaceae – *Ryania speciosa* (O); Urticaceae – *Cecropia* tipo (P). Scale bars: 10 µm.....33

CAPÍTULO 2. Flora de importância polínica utilizada por abelhas do gênero *Melipona* Illiger, 1806 (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) ao longo do Rio Negro na Amazônia brasileira.....34

Tabela 1. Tipos polínicos encontrados nos ninhos de abelhas sem ferrão de *Melipona* ao longo do Rio Negro entre Manaus e São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brasil. *M. compressipes* (1,2,3- Santa Helena; 4,5- Tabocal), *M. crinita* (6- Santa Helena), *M. fuliginosa* (7- Lago Caurés), *M. fuscopilosa* (8- Plano Margem direita), *M. paraensis* (9- Ilha do Pinto; 10- Lago Caurés; 11, 12- Nazaré; 13- Santa Isabel), *M. seminigra* (14,15- Foz do Paduarí; 16,17- Nazaré) e Frequência Relativa das amostras de cada abelha analisada. O número nas colunas refere-se ao número das amostras/potes analisado.....50

Figura 1. Mapa mostrando locais de amostras ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil.....52

Figura 2. Figura 2. Análise de agrupamento dos ninhos de *Melipona compressipes*, *M. crinita*, *M. fuliginosa*, *M. fuscopilosa*, *M. paraensis* e *M. seminigra* de acordo com a identidade dos espectros polínicos usando o “método de agrupamento” em função do Índice de Bray Curtis, ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Os símbolos representam as espécies de abelhas e as cores referem-se as localidades. Símbolos diferentes estão relacionados a espécies diferentes, e as cores estão associadas ao local de amostragem.....53

Figura 3. Figura 3. Valores de dominância (números do lado esquerdo) e análise de agrupamento dos vasos de cada pote *M. compressipes*, *M. crinita*, *M. fuliginosa*, *M. fuscopilosa*, *M. paraensis* e *M. seminigra* de acordo com a identidade dos espectros polínicos usando o “método de agrupamento” em função do Índice de Bray Curtis. Símbolos diferentes estão relacionados a espécies diferentes, e as cores estão associadas ao local de amostragem. Os potes do mesmo ninho foram representados pelos mesmos símbolos e cores.....54

Figura 4. Figure 4. Photomicrografias dos principais tipos polínicos coletados por *Melipona* ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Arecaceae - *Maximiliana maripa* (A); Burseraceae - *Protium* tipo (B); Euphorbiaceae - *Mabea* tipo- (C,D); *Sapium* tipo (E); Fabaceae - *Aldina heterophylla* (F); *Swartzia* tipo (G); Hypericaceae – *Vismia* tipo (H,I); Lecythidaceae - *Eschweilera* tipo (J); Malpighiaceae - *Byrsonima* tipo (K); Melastomataceae – *Bellucia* tipo (L,M); *Miconia* tipo (N); Myrtaceae – *Eugenia* tipo (O); Salicaceae – *Ryania speciosa* (P). Barras de escala: 10 µm.....55

Figura 5: Figura 5: Curva de acumulação (rarefação) calculada para cada amostra contada (600 grãos) de pólen encontrada dentro dos ninhos de *M. compressipes* (1,2,3- Santa Helena; 4,5- Tabocal), *M. crinita* (6- Santa Helena), *M. fuliginosa* (7- Lago Caurés), *M. fuscopilosa* (8- Plano Margem direita), *M. paraensis* (9- Ilha do Pinto; 10- Lago Caurés; 11, 12- Nazaré; 13- Santa Isabel), *M. seminigra* (14,15- Foz do Paduarí; 16,17- Nazaré) ao longo do Rio Negro,

Amazonas, Brasil. Os números representam as amostras analisadas.....56

Anexo 1. Tabela com as famílias botânicas encontradas em trabalhos palinológicos realizados com abelhas do gênero *Melipona* na Amazônia. 1- Absy e Kerr (1977); 2- Absy et al. (1980); 3- Absy et al. (1984); 4- Kerr et al. (1986/87); 5- Marques-Sousa et al. (1995); 6- Marques-Sousa (1996); 7- Carvalho et al. (2001); 8- Marques-Sousa et al. (2002); 9- Antonini et al. (2006); 10- Ramalho et al. (2007); 11- Martins et al. (2011); 12- Ferreira e Absy (2013); 13- Ferreira e Absy (2015); 14- Carvalho et al. (2016); 15- Ferreira e Absy (2017a); 16- Ferreira e Absy (2017b); 17- Rezende et al. (2018).....57

## Introdução

A grande diversidade das matas tropicais está associada à grande variedade de insetos polinizadores, grupo em que se incluem as abelhas sem ferrão, também chamadas de meliponíneos. Distribuídos em toda região tropical do globo, incluindo a bacia amazônica, esses insetos são considerados importantes polinizadores em variados ecossistemas, visto que visitam uma ampla diversidade de espécies de plantas, sendo, por isso, considerados potencialmente generalistas (Absy e Kerr 1977; Absy *et al.* 1980; Sousa *et al.* 2007; Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva 2010; Freitas e Novais 2014).

Dentre as mais de 400 espécies de meliponíneos presentes nos Neotrópicos (Moure *et al.*, 2012) 130 espécies foram registradas para a região amazônica (Kerr *et al.* 2001; Silveira *et al.* 2002; Camargo e Pedro 2013). As abelhas sem ferrão pertencem a Ordem Hymenoptera, considerada por diversos autores como a ordem de insetos com o maior número de espécies reconhecidamente úteis aos humanos (Oliveira *et al.* 2013). Essas abelhas vivem em colônias organizadas em castas (rainha, fêmeas operárias e machos reprodutores – zangões) e com sobreposição de gerações, por isso são conhecidas como abelhas sociais (Nogueira-Neto 1997; Proní 2000; Camargo e Pedro 2013; Oliveira *et al.* 2013).

Estes insetos possuem uma das funções que mais conecta espécies na manutenção da vida no planeta: a polinização. Estima-se que cerca de 90% das espécies botânicas da floresta tropical nativa dependam deste serviço (Carvalho-Zilse 2013; Oliveira *et al.* 2013). Além da importância ecológica da interação inseto e planta, as abelhas possuem uma importância econômica: a meliponicultura, uma atividade rentável que sustenta muitas comunidades (Nogueira-Neto 1997). Apesar da grande diversidade de meliponíneos no Brasil, em especial na Amazônia, e da importância destes para a manutenção dos ecossistemas naturais e agrícolas, estes insetos encontram-se ameaçados. A supressão de ambientes naturais e o uso indiscriminado de agrotóxicos são os principais fatores ligados aos riscos de extinção dessas abelhas (Barreto e Castro 2007; Venturieri 2009). Para além de conhecer as espécies, o maior desafio na preservação de organismos tão importantes como as abelhas está na conservação de suas fontes de alimento nativas e, portanto, na proteção de suas interações ecológicas. Neste aspecto se sabe muito pouco sobre a grande maioria das espécies de abelhas amazônicas.

Neste contexto, o conhecimento sobre esses meliponíneos se torna importantíssimo para programas de manejo. De acordo com Marques-Souza *et al.* (2002) um dos primeiros passos para o entendimento da biologia das abelhas é o conhecimento de seus hábitos alimentares. Pois, a flora visitada por essas abelhas pode explicar muito sobre o comportamento de cada

espécie. Através do conhecimento botânico, é possível adquirir informações sobre as plantas que manterão a sua produção, como também a conservação das colônias (Ferreira e Absy 2013). E essas informações podem ser viabilizadas através de estudos palinológicos. Esses estudos tem como ferramenta a análise do pólen coletados por essas abelhas, o que possibilita verificar quais as famílias, gêneros e/ou espécies de vegetais fazem parte de seu nicho trófico. Essas informações geram subsídios que ajudam a preservar os respectivos grupos botânicos encontrados e, conseqüentemente, manter a polinização ativa (Kirs *et al.* 2011; Ferreira *et al.* 2015).

Nesse contexto, estudos palinológicos são essenciais, pois podem contribuir para elucidar as interações entre polinizadores e espécies de plantas nativas (Novais *et al.* 2013 Vossler *et al.* 2014). Na Amazônia, diversos estudos foram realizados demonstrando que a utilização de recursos das abelhas depende da disponibilidade de alimento (pólen e néctar) reforçando a importância da preservação da flora para a manutenção das abelhas (Oliveira *et al.* 2009; Novais e Absy 2013; Rech e Absy 2011a, 2011b; Ferreira *et al.* 2015; Rezende *et al.* 2018). Outros estudos, vem demonstrando que embora esses meliponíneos sejam generalistas, eles possuem preferências alimentares e forrageiam de forma concentrada neles quando estão disponíveis (Marques-Souza 1995; Kleinert *et al.* 2009; Rech e Absy, 2011a, 2011b; Ferreira e Absy 2013).

Desta forma, diversos estudos vem demonstrando que cada vez mais a palinologia contribui com informações importantes sobre as abelhas sem ferrão, em especial na Amazônia (Absy e Kerr 1977, 1980; Absy *et al.* 1984; Kerr *et al.* 1986/87; Marques-Souza *et al.* 1995, 2002; Marques-Souza 1996; Ramalho *et al.* 2007; Carvalho *et al.* 2001; Antonini *et al.* 2006; Martins *et al.* 2011; Rech e Absy 2011a, b; Ferreira e Absy 2013, 2015; 2017a, 2017b; Freitas e Novais 2014; Rezende *et al.* 2018; Absy *et al.* 2018; Souza *et al.* 2018). E com o intuito de colaborar com informações sobre os hábitos alimentares de meliponíneos ao longo do Rio Negro é que o presente estudo foi desenvolvido.

Este trabalho conclui uma série de estudos que vem sendo realizado com a análise do material coletado por Camargo, Pedro e Mazucato em 1999 ressaltando a importância fundamental das missões de pesquisa voltadas ao conhecimento básico da biologia de espécies nativas.

## **Objetivos**

### **Geral**

Estudar os recursos polínicos utilizados por 10 espécies de Meliponini ao longo das margens do Rio Negro no pico da estação cheia (julho/agosto), no estado do Amazonas.

### **Específicos**

- Identificar as espécies botânicas visitadas por cada uma das espécies de Meliponini;
- Avaliar a sobreposição dos nichos tróficos (polínico) das espécies simpátricas;
- Aferir padrões de preferência no uso do recurso polínico ao longo do trecho analisado;
- Verificar a similaridade das dietas em função da identidade polínica detectada em suas coletas;



**CAPÍTULO 1:**

**POLLEN SOURCES FOR *Frieseomelitta* Ihering 1912 (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) BEES ALONG THE COURSE OF THE RIO NEGRO, AMAZONAS, BRAZIL**

## Abstract

Insect pollination has influenced the evolution and diversification of Angiosperms and bees are highly important pollinators. Therefore, knowing the plants that bees use as food is the first step toward understanding the ecological relationships of which they are part. Pollen source information are also relevant for bee management and associated fruit and seed production. Here, pollen stored in the nests of *Frieseomelitta* stingless bees, from the Rio Negro, Amazonas, Brazil, was identified, quantified and compared in order to better understand the trophic ecology of these bees and their relationships with native plants in the Amazon region. Out of 31 pollen pots we found a total of 65 pollen types distributed in 52 genera and 29 botanical families (predominantly Arecaceae, Araliaceae, Fabaceae and Urticaceae). Euterpe was the commonest pollen type, present in 32.2% of the analyzed samples. Although the bees studied were generalists, pollen analysis suggest that *Frieseomelitta* may have food preferences. The pollen profile of the studied bees was more influenced by nest location than by species phylogenetic proximity. The current study also provides a list of important plants for native bee management, which could improve beekeeping when grown near managed meliponarine colonies.

Keywords: Amazon, stingless bees, trophic resources, meliponiculture, eating behavior

## 1 Introduction

Insect pollination influenced the evolution and diversification of Angiosperms (Lima 2000; Soltis et al. 2019), mainly in tropical environments, where the dependence of plants on biotic pollinators seems to be higher than in other environments (Maués et al. 2012; Rech et al. 2016). In this context, bees appear as especially important, being identified as the main floral visitors and as potential pollinators central to biodiversity maintenance (Ollerton 2017).

In the case of bees, pollination is driven by the dependence of these insects on the trophic resources produced by plants. This is because, from the larval phase until senescence, nectar and pollen provide bees with their sole sources of glucose and protein, respectively (Corbet et al. 1991; Nogueira-Neto 1997; Absy et al. 2018).

Therefore, understanding this network of interactions between bees and plants is essential since a knowledge of the diet of each bee species can form the first step towards understanding the levels of plant-insect inter-dependence, and the dynamics of this relationship (Absy et al. 2018). In addition, it can generate data that allow guidelines for defining conservation strategies for both plants and pollinators, and even assist evaluation of pollination as an ecosystem service (Kearns et al. 1998; Kremen et al. 2004; Wolowski et al. 2018).

One of the ways of accessing the species involved in the network of interactions between bees and plants is through direct observation (Freitas et al. 2014). However, due to the number of species involved, this method becomes very complex in tropical forest environments (Absy et al. 2018). Thus, palynology enters as an indirect tool for the identification of the pollen collected by bees, one which allows access to the preferred food sources of various bees species, as well as alternative and occasional sources (Rech & Absy 2011a; b). This method can be very effective since it access the full spectrum of bee resource use, such as tall flowering trees, small flowering herbs and/or individuals distant from colonies, which cannot be accessed easily by direct observation (Imperatriz-Fonseca et al. 1989). Therefore, once the dynamics and resources of the meliponines are known, it is possible to test their effectiveness as pollinators, and so manage them to increase fruiting or reduce extinction risk for endangered plant species.

*Frieseomelitta* is an ecologically important stingless bee genus in Amazônia, where its members are commonly called *breu*, *moça branca* or *marmelada* (Nogueira-Neto 1997). The genera has a relative scarcity of studies on its biogeography, phylogeny and autoecology (Teixeira 2003). Moreover it comprises a relatively large, diversified group, with a wide

geographical distribution, ranging from the Mexican southwest to the Brazilian southeast (Marques-Souza et al. 1995; Silveira et al. 2002).

Species belonging to this genus are considered small (about 6 mm) and usually build their nests in rotting holes in tree trunks. The literature indicates that these bees are generalist foragers, visiting many plant species, but concentrating sequentially on a few plants (Marques-Souza et al. 1995; Teixeira 2003).

The current study therefore, is part of a series conducted in the Rio Negro-Amazonas region aiming to evaluate the parameters described above. Previous results of this initiative were presented by Rech & Absy (2011a; b) who worked with several genera of stingless bees from the region, including: *Aparatrigona* Moure, 1951; *Cephalotrigona* Schwarz, 1940; *Nogueirapis* Moure, 1953; *Oxytrigona* Cockerell, 1917; *Partamona* Schwarz, 1939; *Plebeia* Schwarz, 1938; *Ptilotrigona* Moure, 1951; *Scaptotrigona* Moure, 1942; *Scaura* Schwarz, 1938; *Schwarzula* Moure, 1953; *Tetragonisca* Moure, 1946 and *Trigona* Jurine, 1807. In these studies, the authors identified important meliponine diet plants and noted temporary specialization events (collection concentrated on specific pollen sources). The results of these previous studies also indicated that collection site was more important than phylogeny in the amplitude and identity of trophic resources used as food by the stingless bees along the Rio Negro Channel.

The current study continues the investigation of pollen resources used by Meliponini species from the Rio Negro region in order to better understand the trophic ecology of these bees and their relationships with native plants in the Amazon region. This is an investigation that will produce results contributing to the knowledge of the biology of the bee species involved as well as the ecological interactions that they establish with regional vegetation and between themselves. Based on the previous findings we expect that *Frieseomelitta* pollen diversity will be more strongly influenced by the sampling site than by the species phylogenetic relationship. Also, given the *Frieseomelitta* non-aggressive behavior (Marques-Souza 2002), we expect they will have a generalist pollen profile similar to the other non aggressive bees already studied in Amazon, presenting low frequency of temporary specialization events (sensu Rech & Absy 2011 a; b).

## **2 Materials and Methods**

The studied pollen material was collected along a stretch of approximately 1,600 km, between the municipalities of Manaus and São Gabriel da Cachoeira, western Brazilian Amazonia (Fig. 1). The collection area was covered by seasonally-flooded Igapó vegetation, with some points under the influence of never-flooded terra-firme vegetation. According to Wittmann et al. (2006), the seasonally-flooded Amazon forest environment has many species tolerant to flooding, in a system considered the world's most species-rich rainforest.

Collections of material used for this study were made in the natural habitat of the bees by Dr. João Maria Franco de Camargo (*in memorian*) and team (M. Mazucato and SRM Pedro) in five communities (Fig. 1) along the Rio Negro channel and its tributaries, during a collection expedition carried out in 1999, (15/07 to 15/08). Analyzed pollen samples were collected from nests of bees of the genus *Frieseomelitta* Ihering. Nests found in nature were opened and pollen pots already closed by bees were removed and stored in labeled plastic bags accommodated in boxes to avoid opening the pollen pots.

A collection was performed at each found nest. For these, each pot of closed pollen was considered a sample and, for this reason, the number of samples per species varies according to the number of pots found per nest. In total, 31 samples from four bee species (*Frieseomelitta flavicornis* Fabricius, 1798; *Frieseomelitta* sp. Ihering, 1912; *Frieseomelitta portoi* Friese, 1900; *Frieseomelitta trichocerata* Moure, 1990), found in five different locations (Table 1), were analyzed. Samples were collected for analysis using sterile plastic straws, placed in Petri dishes, weighed (to the nearest 0.5 g) and then placed in falcon tubes with 3 ml of glacial acetic acid. After 24 hours, the material was acetolysed, following the protocol described by Erdtman (1960). Slide assembly was performed with glycerinated gelatin and infused with paraffin (Salgado-Labouriau 1973). Three slides were prepared per sample.

Identification of the pollen types found was performed by comparison with the reference collection for the current study areas held in the Palinology Laboratory of the National Institute of Amazonian Research (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia- INPA), as well as consultation with specialized literature (Roubik & Moreno 1991; Carreira et al. 1996; Lorente et al. 2017). For pollen grain taxonomic characterization, the concept of "pollen type" proposed by Joosten & Klerk (2002) and Klerk & Joosten (2007) was adopted. Measurements and photomicrographs were obtained with a Zeiss PrimoStar microscope and the AxionCam ICc image capture program.

For each sample, 600 pollen grains were counted for richness/abundance quantification and statistical analysis. We run species accumulation curves using rarefaction for each sample in

order to make sure that 600 pollen counts was enough to reach the saturation of the curve required for our analyses. Following Ramalho et al. (1985), a minimum representation of 10% in the sample was used to define species considered as attractive to the bee species in question.

In order to understand the bee-plant interaction flowering data information (flowering strategy, compatibility system, flower morphology, nectar production) were obtained via bibliographical research for species so defined as attractive. When investigating temporary specialization events (collection concentrated on a specific pollen source), a minimum cut-off of 90% representation of a single pollen type in a sample was used (following Rech & Absy 2011a; b).

We used the abundance of the collected pollen types to perform a, a pair-wise cluster analysis. Similarity between each pair of samples was determined using the Bray-Curtis Index due to its robustness and because this index ignores the multiple zeros that are not necessarily true absences in the data matrix (Michin 1987). As defined by Bray and Curtis, the index of dissimilarity is:

$$BC_{ij} = \frac{2C_{ij}}{S_i + S_j}$$

Where  $C_{ij}$  is the sum of the lesser values for only those species in common between both sites.  $S_i$  and  $S_j$  are the total number of specimens counted at both sites. The Index value varies from 0 to 1, being 1 the when both communities present the same composition. The analyzes was performed using PAST software (Hammer et al. 2001) ([http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu\\_analiize/PAST/2.17c/download.html](http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/2.17c/download.html)).

Sample specimens of the studied bee species were deposited in the “Camargo” – RPSP collection in the Departamento de Biologia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, São Paulo University. Pollen slides were placed in the Palynological library of the Laboratório de Palinologia of the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA. Bee specimens were identified by João M. F. Camargo, using the classification of Camargo & Pedro (2008). Plant nomenclature followed Tropicos.org (Missouri Botanical Garden- MOBOT) and the classification proposed by APG III (2009) and IV (2016).

### 3 Results

We have analysed a total of 31 pollen pots and identified 65 pollen types assigned to 29 botanical families. Of these, 24 were identified as species, 37 to genus category and three to botanical family (Table 2). On average, per pot pollen samples contained seven pollen types, ranging from three to 12 types per sample. The mean species accumulation curve showed saturation below 600 pollen grains counting for most samples indicating sampling completeness (Fig 2). The species *Frieseomelitta flavicornis* (nest 2) and *Frieseomelitta portoi* (nest 5) had the broadest pollen spectra (21 and 18 pollen types, respectively). The most restricted pollen spectrum was recorded for *Frieseomelitta trichocerata* (nest 7) with just three types (Table 3).

The commonest pollen type was *Euterpe*, present in 32.2% of analysed samples. Species considered attractive (frequency >10%) to the bees were: *F. flavicornis* (*Cecropia* type, *Euterpe precatória*, *Iriartella* type, *Schefflera* type, *Swartzia* type); *Frieseomelitta* sp. (*Croton cajucara*, *Cynometra* type, *Scleria* type); *F. portoi* (*Cecropia* type, *Pourouma* type, *Schizolobium amazonicum*, *Desmodium* type, *Iriartella setigera*, *Mabea* type, *Ryania speciosa*); *F. trichocerata* (*Araliaceae* type, *Euterpe* type, *Schefflera* type, *Bactris brongniartii*, *Bactris gasipaes*, *Cynometra marginata*, *Cynometra* type). Eight temporary specialization events were recorded (frequency >90%); four in the ten *F. flavicornis* pots, three in the six *Frieseomelitta* sp. pots, and one in the eight *F. trichocerata* pots. The plant species linked to the temporary specialization events were: *Cecropia* type, *Croton cajucara* and *Euterpe* type (Table 3).

For *F. flavicornis*, the pollen type with the highest relative frequency was *Cecropia* type, which was dominant in the two locations where the bee was sampled, followed by *Swartzia* type at Curicuriari and *Schefflera* type at Santa Isabel. For *F. portoi* nests, the pollen spectrum was distinct in the two sampling localities (Igarapé Açu and Santa Isabel). In Igarapé Açu the most-commonly collected pollen types were *Cecropia* type followed by *Schizolobium amazonicum* (both with 34% frequency) and *Pourouma* type (~12%). In Santa Isabel, the most frequent pollen types were *Ryania speciosa* (~38%), *Iriartella setigera* (~33%) and *Mabea nitida* (~13%) (Table 2).

For *Frieseomelitta* sp., which was found only at Ponta do Camucurí, a broad pollen spectrum was recorded, with 16 species of plants collected in the analyzed samples, with *Croton cajucara* (~55%), *Scleria* type (~28%) and *Cynometra* type (15%) being commonest in the sample. For *F. trichocerata*, a species found at three locations, the pollen spectrum was dominated by palms. At Santa Isabel, *Euterpe* type represented 48% of the studied samples,

with *Schefflera* type (~35%) and Araliaceae type (~15%) as the other commonest pollen types in the samples (Table 2).

In Ponta do Camucurí, a single collection was carried out in six pots of the same nest of *F. trichocerata*, which yielded only three pollen types. Of these types, two were the palms *Bactris gasipaes* (79%) and *Bactris brongniartii* (20%). On Pinto Island, only one sample was collected and only four pollen types were found. Contrasting to Ponta do Camucurí this sample showed a small percentage (~1%) of palm pollen (*Euterpe* type), while Fabaceae was dominant and represented by *Cynometra marginata* (83%) and *Cynometra* type (~14%) (Table 2).

The dominance analysis showed a clear pattern of high values in most of the analysed samples. Two locations, Ponta do Camucurí (PC) and Ilha de Pinto (IP), showed high dominance values and a reduced number of pollen types per sample (figure 4). Per pot profile for *F. flavicornis* revealed a consistent pattern, with high dominance being found in all analysed pots from the two studied areas, but this species also had a broad pollen spectrum. *Frieseomelitta* sp. showed high dominance (above 0.9) in three of the six pots analyzed, with *Croton cajucara* as the dominant species in these samples. For *F. portoi* from Igarapé Açú (IA) and Santa Isabel, dominance was low (averages of 1.2 and 0.3, respectively), with the species having pots containing up to ten pollen types. For *F. trichocerata*, four of the six samples analyzed from Santa Isabel showed high dominance, with *Euterpe* being the commonest pollen in these samples. The same pattern was observed in samples at the other two communities (Ponta do Camucurí and Ilha de Pinto), where dominance was high. In both of the last two communities, only one sample of each species of bee was analyzed, and both showed much reduced pollen spectra, with three and four types, respectively.

Cluster analysis was performed considering the pollen profile in two ways. First was calculated at species/site level grouping pots from the same bee nest and second separating all pots in each species. From this it could be seen that diet similarity between bees colonies of the same species was low. The only species where the diet was similar between the different sample locations was *F. flavicornis*, which concentrated its collection on *Cecropia* type in both sampled localities. Both *F. trichocerata* and *Frieseomelitta* sp. from different localities formed distinct clusters based on their collections, and the similarity between these appeared low. Although the species *F. trichocerata* and *F. portoi* grouped together, similarity between them was almost zero, indicating their diets were strongly dissimilar (Fig. 3).



The collection pot cluster analysis in general found an internal consistency for pots in the same nests. This led to the creation of four groups: Group 1 was formed by *F. flavicornis*, even though the species were found in different locations (Curicuriari and Santa Isabel) obtaining a high similarity (above 0.6), with that group also containing a single *F. portoi* pot, which like those of *F. flavicornis*, was dominated by *Cecropia*-type pollen, however, the similarity *F. portoi* within the group was low. Group 2 was formed almost entirely by *F. trichocerata*, which showed high between-pot similarity. These pots all came from the same locality; pots from the same species, but from different localities, showed distance-related variation in diet content (Fig. 4).

Group 3 was formed by *Frieseomelitta* sp., collected at Ponta do Camucurí, in addition to a single pot of *F. trichocerata* from Ilha do Pinto. Although it located in this group, it showed a low similarity with the other pots. Finally, group 4 comprised only pots of *F. portoi* collected at Santa Isabel, which showed a consistent pattern of having *Ryania speciosa* and *Iriartella setigera* as the main pollen types. However, the single pot collected for *F. portoi* in another community (Igarapé Açú), showed a different pattern, dominated by *Cecropia* type and *Schizolobium amazonicum*, and so more resembling the composition of *F. flavicornis* pots.

#### 4 Discussion

The current study adds a new set of data to a series of investigations about the pollen sources of Meliponini species from the Negro river region (Rech & Absy 2011a; b). Here we focused on the *Frieseomelitta* genus revealed to be a generalist group of species in agreement with previous studies in the Amazon region, as we expected for this study (Marques-Souza 2010). Even compared to all other species of *Frieseomelitta* already studied amazon species seems to present the larger pollen profile (Teixeira 2003). Moreover, apart from *Frieseomelitta flavicornis* local sampling site was the main driver of bee pollen profiles, partially corroborating our first expectation.

A bibliographical survey of the genus *Frieseomelitta* analysed 19 studies covering eight species of the genus, and found that though 36 botanical families were visited during the studied period (1967-2001) the bees tended to concentrate visits on many plant species highlighting three botanical families: Fabaceae, Malpighiaceae and Anacardiaceae (Teixeira 2003). Although only five studies included in the survey were from the Amazon region our results partially agree with the pattern reported, with the families Arecaceae, Urticaceae, Araliaceae and Fabaceae being the most important floral resources among the 29 registered botanical

families. The *Frieseomelitta* species recorded by Teixeira (2003) visited, on average, nine species of plants, while bees in the current study visited an average of 16 species of plants per bee species. It is important to point out that 80% of the studies collated by Teixeira and collaborators were carried out in the Cerrado and Caatinga. In these environments, the opened landscape is strongly different, also, species diversity and specially species density is lower than that of the Amazonian Biome (MMA 2012), so that this, hypothetically, could be one of the reasons for this disparity in the bee pollen spectra in question.

In the same area and period of this work, Rech & Absy (2011a) studied the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* recording 78 pollen types. However it is worth mentioning that these authors analyzed many more species of bees (26 species, and 104 samples) than we did in the current study (four species, and 32). The issue of sample size disappears when the amount of pollen types per pot is taken into account; Rech & Absy (2011a) recorded one to five pollen types per pot and we found between three and 12, reinforcing that indeed *Frieseomelitta* stored more pollen types per pot than larger-bodied species.

Both *Partamona* and *Trigona* are classified as medium-sized monopolist bees, and thus have advantages over *Frieseomelitta* (classified as small-sized by Silveira et al. 2002). Bees such as *Partamona* and *Trigona* usually dominate good food sources while *Frieseomelitta* tend to avoid competition and therefore commonly switch among available resources (Marques-Souza 2002).

A similar trend was discussed by Rech & Absy (2011b) referring to *Tetragonisca*, *Nannotrigona* and *Plebeia* from the same region of this study that also present the “evitacion behavior”. The consequences of different behavior strategies also clearly reflected in the number of temporary specializations events (39%) recorded by Rech & Absy (2011a) contrasting to only 26% of the pollen pots studied here.

The species of bee where temporary specialization was most common was *F. flavicornis*, which had more than 90% of *Cecropia* type in four of a total of ten pots, followed by *Frieseomelitta* sp., (3) where *Croton cajucara* prevailed, and *F. trichocerata* where one pot was dominated by *Euterpe* type pollen. It should be noted, however, that since no analysis exists of the availability of each plant species at the study sites, it is not possible to differentiate the effect of preferences from that resulting from a dearth of collection options, a phenological scenario that would also generate an event classified as temporary specialization. Finally, it is also worth mentioning that plants collected intensively may be important species for bee management.

*Cecropia* is a wind-pollinated species and that may be one reason to less competitive bees such as *Frieseomelitta* to collect its pollen when resources are scarce or intensively

disputed. Moreover, Silveira (1991), who investigated the relationships between pollen grains and their importance to bees, emphasized that one load of pollen carried by a bee, may contain much more pollen grains than another species of equal mass or volume, but made up of pollen of a greater diameter. As a result, to obtain an equivalent mass or volume sufficient to fill a corbicula, small pollen types such as *Cecropia* pollen grains ( $\pm 10\mu\text{m}$ ) needs to be collected in greater quantity than, for example, *Croton* pollen grains which are five times larger (average  $\pm 51\mu\text{m}$  in size).

Whenever *Cecropia* type is collected by a particular bee species it generally appears in large numbers in the samples. Why this is may well have been explained by Radaeski & Bauermann (2016) who emphasized that pollen grain size is inversely proportional to pollen production. Accordingly, it is concluded that *Cecropia* type, because it has small pollen grains that are produced in large quantities, allows a large number of pollen grains to be collected. In addition, the pollen grains of *Cecropia* type are important bee diets because they have  $\beta$ -carotene which is an antioxidant vitamin that can not be synthesized by insects, and so is necessary in bee diets (Pereira 2005; Melo et al. 2009). Finally we cannot rule out that high prevalence of *Cecropia* pollen may also be a consequence of its possible flowering when other species are not blooming. In this scenario it will be an interesting pollen source for bees as more profitable sources were absent.

Similarly, other pollen types were recorded as important food items for the bees studied here (*Astrocaryum* type, *Bactris brongniartii*, *Bactris gasipaes*, *Cocos nucifera*, *Euterpe precatória*, *Euterpe* type, *Iriartella setigera* and *Iriartella* type) were all palms. A scientometric study by Souza et al. (2018) between the years 2005 and 2017 reported clear evidence that the Arecaceae family is one of the botanical families most often visited by bees. Such data agree with other studies (Aguiar 2003; Marques-Souza 2010) which recorded palm trees in *Frieseomelitta* collections.

The visitation of bees to palm tree flowers occurs because of the great number of flowers grouped in clusters that allow extensive foraging (Barfod et al. 2003). According to Oliveira et al. (2003), although some palms have specific characteristics that favor visitation by beetles, their morphology also allows visitation by other insects, including bees, revealing a pattern of generalist interactions. In addition, in the Amazon, palm trees have both wide natural distributions and are commonly cultivated for their economic potential (which ranges from human and animal food to biodiesel production: Padilha & Rios 2014). The resulting abundance of palms is good for beekeeping and especially for Amazonian Meliponiculture.

Fabaceae was another botanical family that was prominent in the studied *Frieseomelitta* bee collections, with records of 16 collected species. This corroborates several studies that have indicated this family as important for the diet of *Frieseomelitta* genus bees (Aguiar 2003; Teixeira 2003; Teixeira et al. 2007; Marques-Souza 2010; Aleixo et al. 2013). A review of 28 studies published between 1977 and 2013 (Freitas & Novais 2014) confirms this, reporting 610 types of pollen, from 94 botanical families, of which 129 types belong to the Fabaceae, the greatest single family contribution. Nationally, the dominance of Fabaceae has been confirmed via the work of Souza et al. (2018), who found the Fabaceae to be the family most strongly represented in palynological surveys published between 2005 and 2017.

The similarity analysis performed between bee nests examined in the current study showed a weak clustering between diets of the same bee species in different sites. In contrast, different pots of the same nest were frequently grouped together. Samples of *F. portoi* from two localities, for example, were located in different groups while all pots from *F. trichocerata* were all clustered in group 3. Local plant availability drove the pattern, for example, collections from Igarapé Açú concentrated mainly on *Cecropia* type pollen, while bees from Santa Isabel, had a preference for *Ryania* type. Therefore, pollen resources from *Frieseomelitta* corroborated the stronger influence of locality to the detriment of species phylogenetic proximity to explain pollen resource profile of stingless bees, reinforcing its generalist, flexible and opportunist foraging behavior (Rech & Absy 2011a).

The present study showed that some plant species (*Cecropia* type, *Bactris gasipaes*, *Schefflera* type, *Schizolobium amazonicum*, *Cynometra marginata*, *Croton cajucara*, *Euterpe* type, *Ryania speciosa*, *Iriartella setigera* and *Scleria* type, in order of importance, based on relative frequency) are important for feeding colonies of the bees studied here, as well as highlighting potential pollinators for these species (Fig. 5). These data indicate that plants of these genera hold promise for use in areas where bee-keeping includes meliponary and deserves future studies regarding the role of bee as their pollinators. The importance of local supply and behavior in the food profile of native bees alongside with the large number of cultivated palms and *Cecropia* type as pollen resource to *Frieseomelitta*, raise important questions about Meliponiculture and forest management in the Amazon region, a matter for future studies.

## 5 Acknowledgements

The authors thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), for the study grant given to the first author and for the Productivity Grant (Processo

308425/2016-2) given to the second author, and to the Programa de Pós-Graduação em Botânica from the Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) for assistance and the Laboratório de Palinologia from Coordenação de Biodiversidade (COBIO/INPA) for the help in providing the infrastructure required for this study to occur.

## 6 References

Absy ML, Rech, AR, Ferreira MG. 2018. Pollen Collected by Stingless Bees: A Contribution to Understanding Amazonian Biodiversity. In: Vit P, Pedro SRM, Rubik DW. (eds.), Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology. 1st ed. Berlin: Springer. p. 30-46.

Aguiar CML. 2003. Utilização de recursos florais por abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em uma área de Caatinga (Itatim, Bahia, Brasil) Revista Brasileira de Zoologia, 20 (3): 457-467.

Aleixo KP, Faria LB, Garófalo CA, Imperatriz Fonseca VL, Silva CI. 2013. Pollen Collected and Foraging Activities of *Frieseomelitta varia* (Lepeletier) (Hymenoptera: Apidae) in an Urban Landscape. Sociobiology 60(3): 266-276.

APG III. 2009. Angiosperm Phylogeny Group (APG) classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society 161:105-121.

APG VI. 2016. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society 181: 1-20.

Barfod AS, Burholt T, Borchsenius F (2003) Contrasting pollination modes in three species of *Licuala* (Arecaceae: Coryphoideae). Telopea, 10: 207-223.

Camargo JMF, Pedro SRM. 2008. Meliponini Lepeletier, 1836. In: Moure JS, Urban D, Melo GAR (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version (<http://www.moure.cria.org.br/catalogue>). Acesso em 18/05/2018.

Carreira LMM, Silva MF, Lopes JRC, Nascimento LAS. 1996. Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 137.

Corbet SA, Williams IH, Osborne JL. 1991. Bees and the pollination of crops and wild flowers in the European Community. Bee World, 72: 47-59.

Erdtman G. 1960. The acetolysis method. A revided description. Sv. Bot. Tidskr, 531.

Freitas L, Vizentin-Bugoni J, Wolowski M, Souza JMT, Varassin IG. 2014. Interações planta-polinizador e a estruturação das comunidades. In Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (2014) Biologia da Polinização. Editora Projeto Cultural, Rio de Janeiro. 527.

Freitas WAT, Novais JS. 2014. Melissopalynology in the brazilian Amazon: a databank of pollen types cited in the literature. Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología, 14:103-136.

Imperatriz-Fonseca VL, Kleinert-Giovannini A, Ramalho M. 1989. Pollen harvest by eusocial bees in a non-natural community in Brazil. Journal of Tropical Ecology, 5: 239-242.

Joosten H, Klerk P. 2002. What's in a name Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in Quaternary palynology. Rev Palaeobot Palynol 122:245.

- Kearns CA, Inouye DW, Waser NM. 1998. "Endangered Mutualisms: the Conservation of Plant-pollinator Interactions". *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 83-112.
- Klerk P, Joosten H. 2007. The difference between pollen types and plant taxa: a plea for clarity and Scientific freedom. *Eiszeitalter und Gegenwart / Quaternary Science Journal*, 56: 162-171.
- Kremen C, Williams NM, Bugg RL, Fay JP, Thorp RW. 2004. The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letters*, 7: 1109–1119.
- Lima C. 2000. Flores e insetos: A origem da entomofilia e o sucesso das angiospermas. UNICEUB, Centro Universitário de Brasília. Faculdade de Ciências da Saúde. Brasília, 28.
- Lorente FL, Buso Junior AA, Oliveira PE, Pessenda LCR. 2017. Atlas Palinológico: Laboratório <sup>14</sup>C – Cena/USP. FEALQ, 333.
- Marques-Souza AC. 2010. Ocorrência do pólen de *Podocarpus* sp. (Podocarpaceae) nas coletas de *Frieseomelitta varia* Lepageletier 1836 (Apidae: Meliponinae) em uma área de Manaus, AM, Brasil. *Revista Acta Amazônica* 24(2): 558-566.
- Marques-Souza AC, Miranda IPA, Moura CO, Rabelo A, Barbosa EM. 2002. Características morfológicas e bioquímicas do pólen coletado por cinco espécies de Meliponíneos da Amazônia Central. 2002. *Revista Acta Amazônica* 32(2): 217-229.
- Marques-Souza AC, Absy ML, Kerr WE, Aguilera-Peralta FJ. 1995. Pólen coletado por duas espécies de meliponíneos (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia. *Revista Brasileira de Biologia* 55(4): 855-864.
- Maués MM, Varassin IG, Freitas L, Machado ICS, Oliveira PEAM. 2012. A Importância dos Polinizadores nos Biomas Brasileiros, Conhecimento Atual e Perspectivas Futuras para Conservação. In: Imperatriz-Fonseca VL, Canhos DAL, Alves DA, Saraiva AM. Polinizadores no Brasil: Contribuição e Perspectivas para a Biodiversidade, Uso Sustentável, Conservação e Serviços Ambientais. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 488.
- Melo ILP, Freitas AS, Barth OM, Almeida-Muradian LB. 2009. Relação entre a composição nutricional e a origem floral de pólen apícola desidratado. *Rev Inst Adolfo Lutz*, 68(3):346-53.
- Michin PR. 1987. An evaluation of relative robustness of techniques for ecological ordination. *Plant Ecol* 69:89–107.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Relatório Final – A biodiversidade da Amazônia e o ARPA.
- Nogueira-Neto P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem-ferrão. Nogueirapis. São Paulo - São Paulo. 445. 2009.
- Oliveira MSP, Couturier G, Beserra P. 2003. Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 17 (3): 343-353.
- Oliveira MSP, Rios, AS. 2014. Potencial econômico de algumas palmeiras nativas da Amazônia. In: VI Encontro Amazônico de Agrárias- UFRA, 19p, Belém-Pará.
- Ollerton J. 2017. Pollinator Diversity: Distribution, Ecological Function, and Conservation. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48: 353–76.
- Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

- Pereira FM. 2005. Desenvolvimento de ração protéica para abelhas *Apis mellifera* utilizando produtos regionais do Nordeste brasileiro. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, 192, 2005.
- Radaeski JN, Bauermann SG. 2016. Avaliação da produção polínica de *Bromus catharticus* Vahl e *Guadua trinitii* (Nees) Nees ex Rupr. (Poaceae) para a interpretação de dados fósseis. *Biotemas*, 29 (4): 9-18.
- Ramalho M, Imperatriz-Fonseca VL, Kleinert-Giovannini A. 1985. Exploitation of floral resources by *Plebeia remota* Holmberg (Apidae - Meliponinae). *Apidologie*, 16: 307-330.
- Rech AR, Absy ML. 2011a. Pollen storages in nests of bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55: 361-372.
- Rech AR, Absy ML. 2011b. Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. *Grana*, 50: 150-161.
- Rech AR, Dalsgaard B, Sandel B, Sonne J, Holmes N, Ollerton J. 2016. The macroecology of animal versus wind pollination: ecological factors are more important than historical climate stability. *Plant Ecology & Diversity*, 9: 253–262.
- Roubik DW, Moreno JE. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. *Monogr Systematic Bot Mo Bot Garden*, 36:1–300.
- Salgado-Labouriau ML. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291.
- Silveira F. 1991. Influence of pollen grain volume on the estimation of the relative importance of its source to bees. *Apidologie*, 22: 495-502.
- Silveira FA, Melo GAR, Almeida EAB. 2002. *Abelhas Brasileiras, Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, MG, 253.
- Soltis PS, Folk RA, Soltis ES. 2019. Darwin Review: Angiosperm phylogeny and evolutionary radiations. *Proc. R. Soc. B*, 286: 1-14.
- Souza RR, Abreu VHR, Novais JS. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology*, 3: 12.
- Teixeira AFR. 2003. Ecologia das abelhas eussocias do gênero *Frieseomelitta* Von Ihering, 1912 (Apidae; Meliponina). Dissertação (Mestrado em Ecologia e Biomonitoramento) - Instituto de Biologia da Universidade Federal de Bahia. Salvador, Bahia, 107.
- Teixeira AFR, Oliveira FF, Viana BF. 2007. Utilization of floral resources by bees of the genus *Frieseomelitta* von Ihering (Hymenoptera: Apidae). *Neotropical Entomology* 36 (5): 675-684.
- Wittmann F, Schongart J, Montero JC, Motzer T, Junk WJ, Piedade MTF, Queiroz HL, Worbes M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon basin. *Journal of Biogeography*, 33:1334–1347.
- Wolowski M et al. 2018. Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços ecossistêmicos, 93p. Disponível em: [https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/02/BPBES\\_Completov5.pdf](https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2019/02/BPBES_Completov5.pdf). Acessado em: 01 abr. 2019.

Table 1. Species of *Frieseomelitta* bees, location of studied nests, Coordinate and number of collected pollen pots at five sites along the Rio Negro, between the cities of Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil

Nest	Species	Location	Coordinate	Pollen pots
1	<i>Frieseomelitta flavicornis</i> Fabricius, 1798	Santa Isabel do Rio Negro	0°25'04"S, 65°01'07"W	4
2	<i>Frieseomelitta flavicornis</i> Fabricius, 1798	Curicuriari	0°13'09"S, 66°56'26" W	6
3	<i>Frieseomelitta</i> sp. Ihering, 1912	Ponta Cumucurí, right bank	0°20'02"S, 65°59'20"W	6
4	<i>Frieseomelitta portoi</i> Friese, 1900	Santa Isabel do Rio Negro	0°25'04"S, 65°01'07"W	6
5	<i>Frieseomelitta portoi</i> Friese, 1900	Igarapé Açú, São Francisco	02°49'58"S, 60°46'51"W	1
6	<i>Frieseomelitta trichocerata</i> Moure, 1990	Santa Isabel do Rio Negro	0°25'04"S, 65°01'07"W	6
7	<i>Frieseomelitta trichocerata</i> Moure, 1990	Ponta Camucuri, right bank	0°20'02"S, 65°59'20"W	1
8	<i>Frieseomelitta trichocerata</i> Moure, 1990	Ilha do Pinto, left bank	0°22'17" S, 66°15'06"W	1
Total				31



Table 2. Pollen types found in the nests of *Frieseomelitta* stingless bees along the Negro river between Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil. *Frieseomelitta flavicornis* (1-Curicuriari; 2-Santa Isabel), *Frieseomelitta* sp. (3-Ponta do Camucuri), *Frieseomelitta portoi* (4-Igarapé Açu; 5-Santa Isabel) e *Frieseomelitta trichocerata* (6-Ilha do Pinto; 7- Santa Isabel; 8- Ponta do Camucuri), and their relative frequency (%) in the total samples of each bee analyzed along the Rio Negro, between the cities of Manaus and São Gabriel da Cachoeira, Amazonas, Brazil.

Nº	Botanical family	Pollen type	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Achariaceae	<i>Lindackeria</i> type	0.17	-	-	-	-	-	-	-
2	Araliaceae	Araliaceae type	-	-	-	-	-	-	15.61	-
3		<i>Schefflera</i> type	-	20.63	-	-	-	-	34.36	-
4	Arecaceae	<i>Astrocaryum</i> type	-	-	-	0.50	-	-	-	-
5		<i>Bactris brongniartii</i>	-	-	-	-	-	-	-	20.0
6		<i>Bactris gasipaes</i>	-	-	-	-	-	-	-	79.0
7		<i>Cocos nucifera</i>	-	-	-	-	-	-	0.53	-
8		<i>Euterpe precatoria</i>	-	5.46	-	-	-	-	-	-
9		<i>Euterpe</i> type	0.11	3.46	0.05	-	0.03	0.50	48.19	-
10		<i>Iriartella setigera</i>	-	-	-	-	31.92	-	-	-
11		<i>Iriartella</i> type	-	5.79	-	-	-	-	-	-
12	Asteraceae	Tribe Eupatorieae	0.86	-	-	-	-	-	-	-
13	Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	-	-	-	-	-	-	0.08	-
14	Burseraceae	<i>Protium</i> type	0.72	-	0.08	-	0.42	-	-	-
15	Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i>	0.31	-	-	-	-	-	-	-
16		<i>Trema</i> type	-	0.08	-	-	0.42	-	-	-
17	Cyperaceae	<i>Scleria</i> type	-	-	28.41	-	-	-	-	-
18	Dichapetalaceae	<i>Tapura lanceolata</i>	0.06	-	-	-	-	-	-	-
19	Euphorbiaceae	<i>Alchornea</i> type	-	-	-	0.67	-	-	-	-
20		<i>Anomalocalyx</i> type	-	-	0.16	-	0.33	-	-	-
21		<i>Croton cajucara</i>	-	-	54.77	-	-	-	-	-
22		<i>Mabea nitida</i>	-	-	-	-	12.53	-	-	-
23		<i>Mabea</i> type	-	-	-	-	-	-	-	-
24		<i>Sapium</i> type	0.78	-	-	-	-	-	-	-
25	Fabaceae	<i>Acacia</i> type	-	-	-	7.83	-	-	-	-
26		<i>Aldina latifolia</i>	0.03	-	-	-	2.28	-	-	-
27		<i>Bowdichia</i> type	-	-	0.69	-	-	-	-	-

28		<i>Cassia alata</i>	-	0.92	-	-	-	-	-	-
29		<i>Cassia occidentalis</i>	-	-	-	-	1.17	-	-	-
30		<i>Cassia</i> type	-	0.25	-	-	-	-	-	-
31		<i>Copaifera langsdorffii</i>	-	-	0.13	-	-	-	-	-
32		<i>Cynometra marginata</i>	-	-	-	-	-	83.0	-	-
33		<i>Cynometra</i> type	-	-	14.61	-	-	14.8	-	-
34		<i>Desmodium</i> type	-	-	-	-	5.61	-	-	1.0
35		<i>Dicorynia paraensis</i>	-	1.29	0.11	-	-	-	-	-
36		<i>Dinizia excelsa</i>	-	-	-	-	-	-	0.14	-
37		<i>Mimosa</i> type	-	-	0.02	4.0	-	-	0.06	-
38		<i>Phaseolus</i> type	-	0.08	-	-	-	-	-	-
39		<i>Schizolobium amazonicum</i>	0.44	-	-	34.67	-	-	0.03	-
40		<i>Sclerolobium</i> type	-	0.04	0.05	0.65	0.50	-	0.33	-
41		<i>Swartzia</i> type	13.72	-	-	-	-	-	-	-
42	Hypericaceae	<i>Vismia</i> type	1.47	-	0.55	5.17	0.58	-	-	-
43	Lamiaceae	<i>Hyptis</i> type	-	-	0.05	-	-	-	-	-
44	Lecythidaceae	<i>Lecythis</i> type	-	-	-	-	0.03	-	-	-
45	Loranthaceae	<i>Phthirusa micrantha</i>	-	0.17	-	-	0.53	-	-	-
46	Malpighiaceae	<i>Byrsonima chrysophylla</i>	-	0.75	-	-	-	-	-	-
47		<i>Byrsonima</i> type	0.03	0.83	-	-	2.39	-	-	-
48	Malvaceae	<i>Pseudobombax munguba</i>	0.03	-	-	-	-	-	-	-
49	Melastomataceae	<i>Bellucia</i> type	0.39	0.63	0.08	-	0.03	-	0.44	-
50	Meliaceae	<i>Guarea</i> type	-	-	-	-	0.22	-	-	-
51	Moraceae	<i>Artocarpus</i> type	-	-	0.02	-	-	-	-	-
52	Myrtaceae	<i>Eugenia</i> type	0.11	-	0.13	-	-	-	-	-
53		Myrtaceae type	0.03	-	-	-	-	-	-	-
54	Passifloraceae	<i>Passiflora coccinea</i>	-	-	-	-	-	-	0.14	-
55		<i>Passiflora</i> type	0.28	-	-	-	-	-	0.08	-
56		<i>Turnera ulmifolia</i>	-	0.04	-	-	-	-	-	-
57	Primulaceae	<i>Cybianthus</i> type	0.08	-	-	-	-	-	-	-
58	Rubiaceae	<i>Psychotria</i> type	0.14	-	-	-	-	-	-	-
59	Salicaceae	<i>Ryania speciosa</i>	-	-	-	-	37.44	-	-	-

60		<i>Ryania</i> type	1.47	-	-	-	-	-	-	-
61	Sapindaceae	<i>Matayba</i> type	-	0.54	-	-	-	-	-	-
62	Sapotaceae	<i>Pouteria</i> type	-	0.04	-	-	-	-	-	-
63	Solanaceae	Solanaceae type	-	0.04	-	-	-	-	-	-
64	Urticaceae	<i>Cecropia</i> type	78.58	58.96	-	34.67	-	1.7	-	-
65		<i>Pourouma</i> type	-	-	-	11.83	-	-	-	-

---







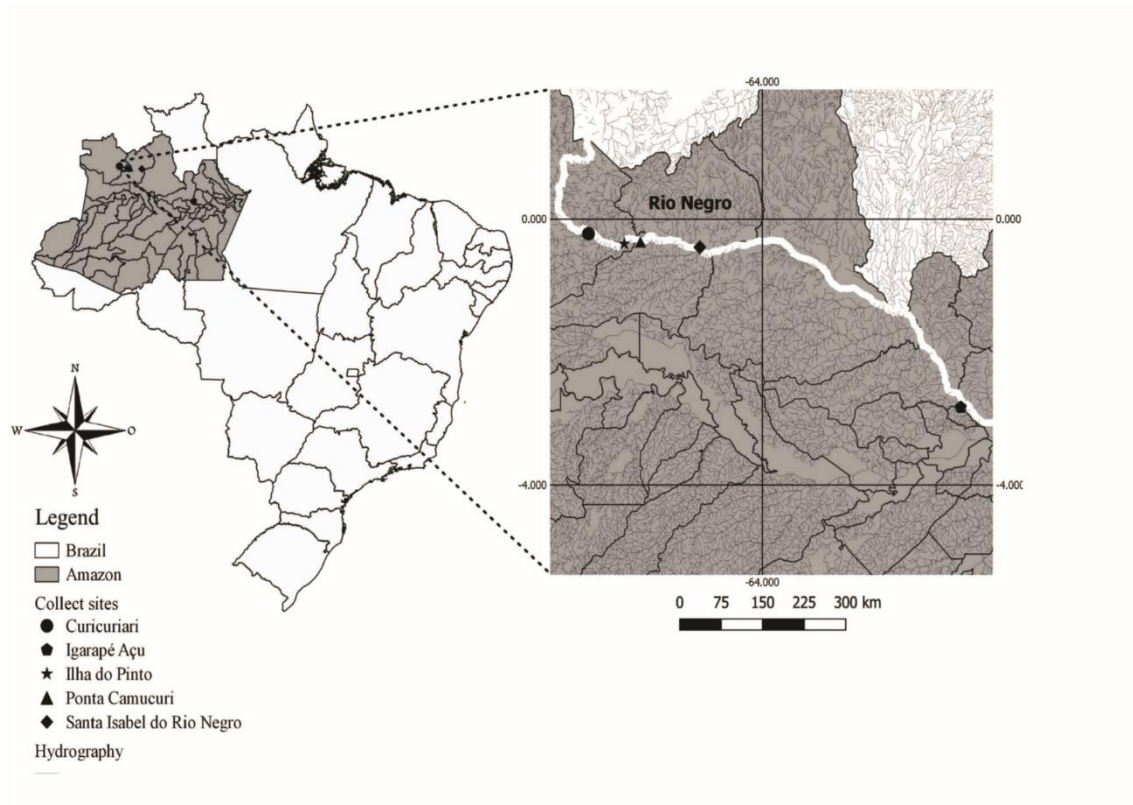


Figure 1. Map showing sample sites along the Rio Negro channel, Amazonas, Brazil.

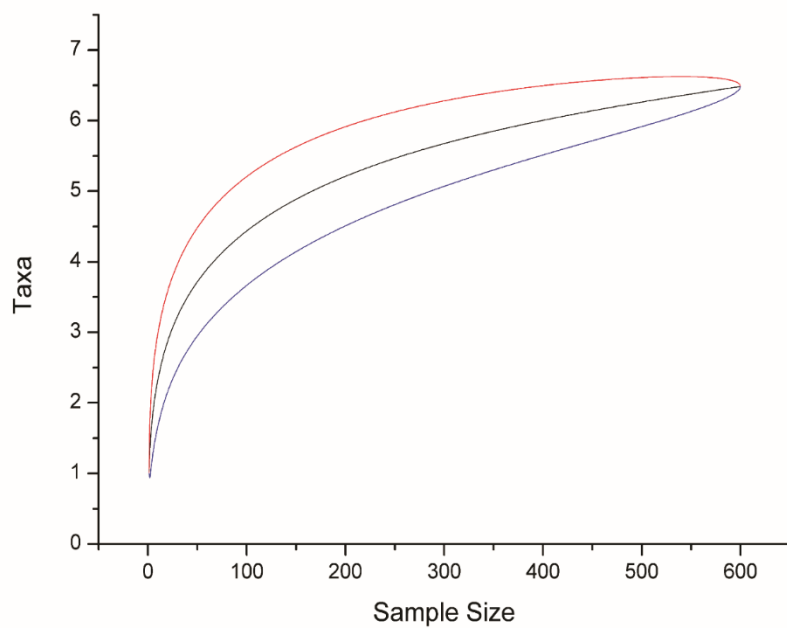


Figure 2. Mean accumulation curve (rarefaction) calculated for each counted sample of pollen found inside the nests of *Frieseomelitta* spp. along Rio Negro riverside, Amazonas, Brazil. Upper and lower lines correspond to the standard errors.



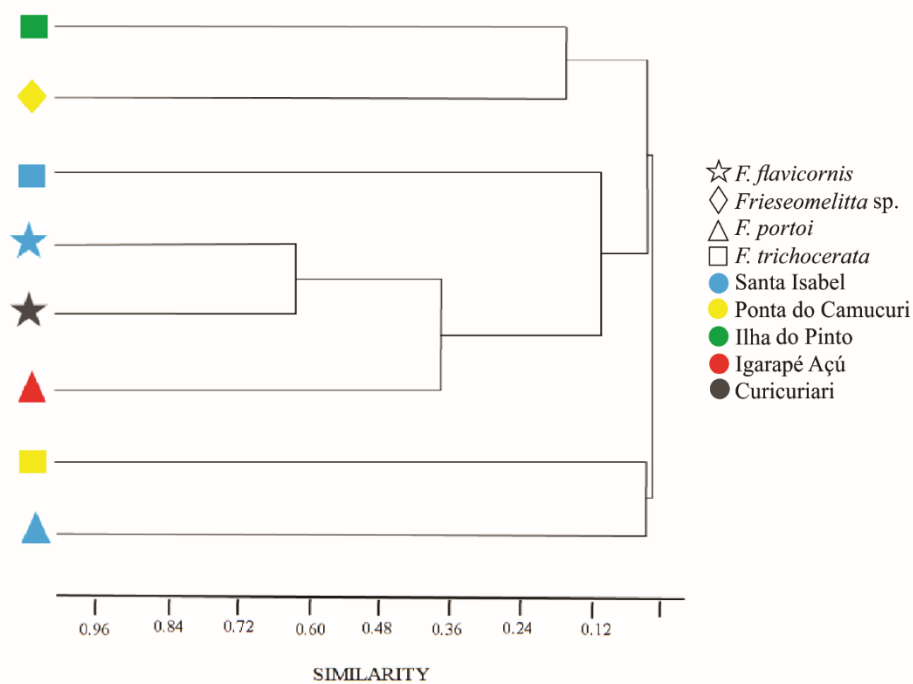


Figure 3: Cluster analysis of the pots of each nest of *F. flavicornis*, *Frieseomelitta* sp., *F. portoi* and *F. trichocerata* along the Rio Negro, Amazonas, Brazil, using pollen spectra identity per colony and a cluster method based on Bray Curtis Index similarity. Different symbols relate to different species, and colours are associated to the sampling site.

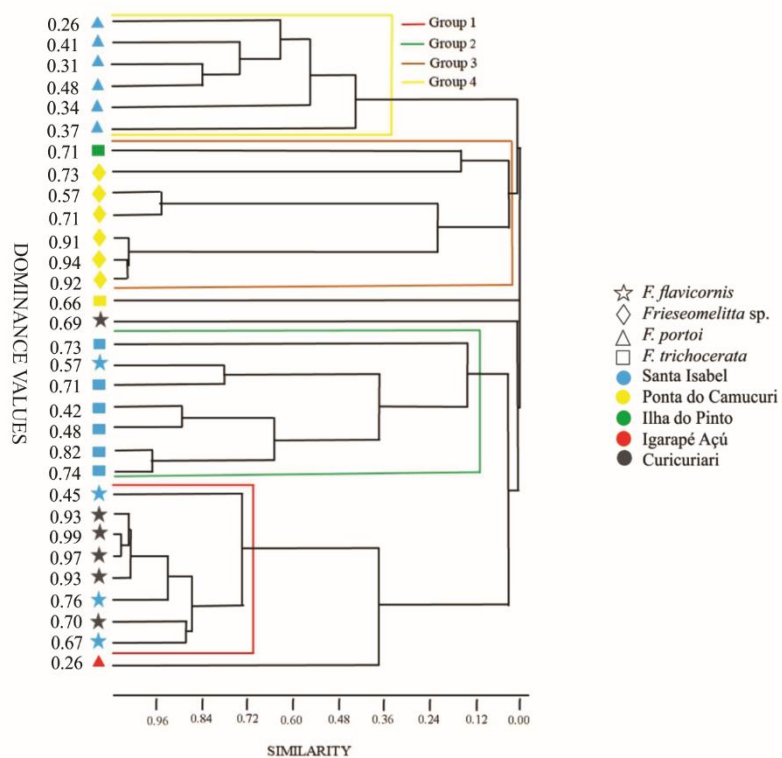


Figure 4. Dominance values (left side numbers) and cluster analysis of the pots of each nest of *F. flavicornis*, *Frieseomelitta* sp., *F. portoi* and *F. trichocerata* along the Rio Negro, Amazonas, Brazil, using pollen spectra identity per pot and a cluster method based on Bray Curtis Index similarity. Different symbols relate to different species, and colours are associated to the sampling site. Pots were represented by the same symbols and colours.

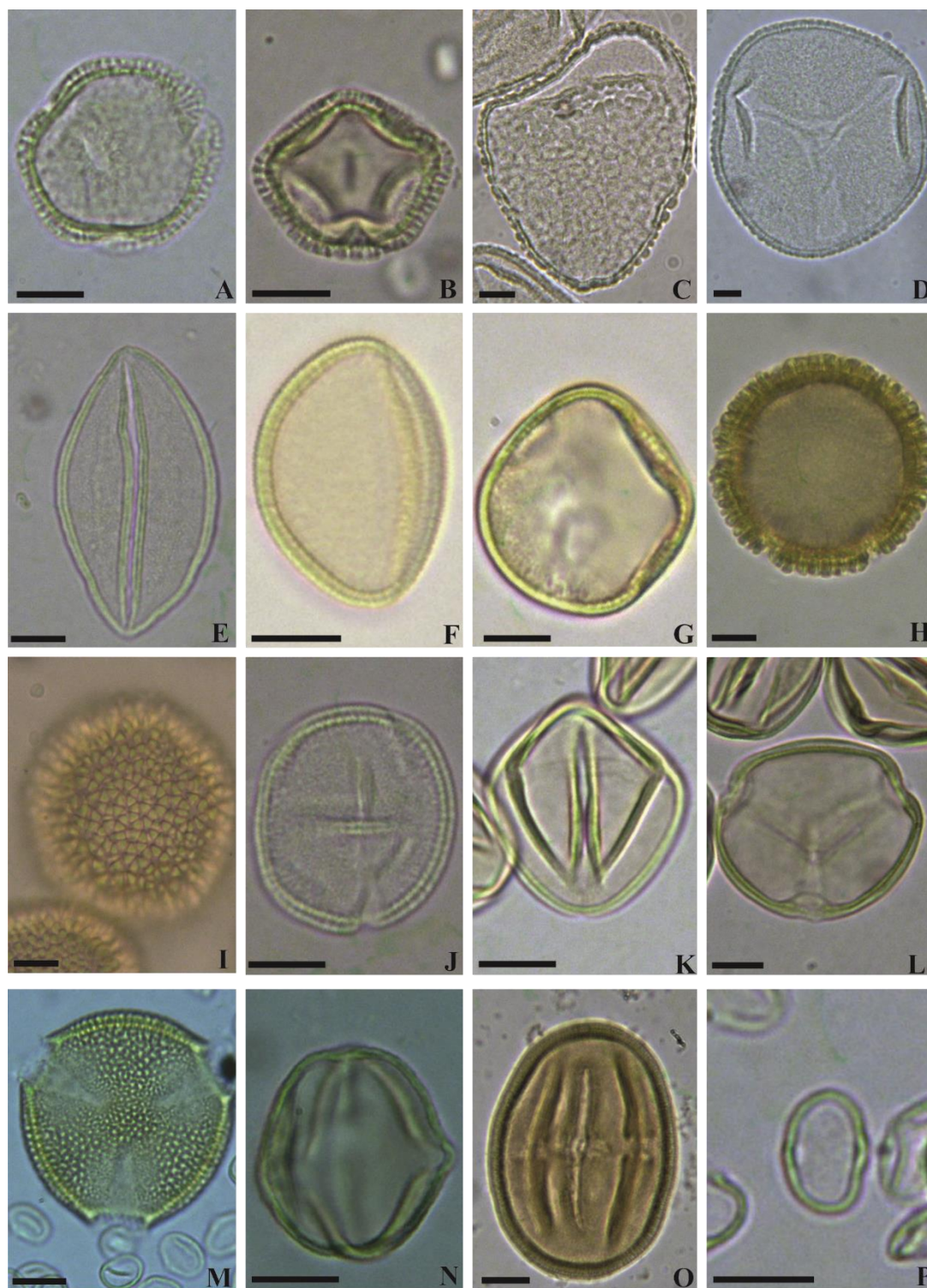


Figure 5. Photomicrographs of the main pollen types collected by bees of the *Frieseomelitta* genus along the Rio Negro, Amazonas, Brazil. Araliaceae - Araliaceae tipo (A); *Schefflera* tipo (B); Areaceae - *Bactris brongniartii* (C); *Bactris gasipaes* (D); *Euterpe* tipo (E); *Iriartella setigera* (F); Cyperaceae – *Scleria* tipo (G); Euphorbiaceae – *Croton cajucara* (H,I); *Mabea nitida* (J); Fabaceae – *Cynometra marginata* (K); *Cynometra* tipo (L); *Schizolobium amazonicum* (M); *Swartzia* tipo (N); Salicaceae – *Ryania speciosa* (O); Urticaceae – *Cecropia* tipo (P). Scale bars: 10  $\mu$ m.

**CAPÍTULO 2:****FLORA DE IMPORTÂNCIA POLÍNICA UTILIZADA POR ABELHAS DO GÊNERO  
*Melipona* Illiger, 1806 (HYMENOPTERA: APIDAE: MELIPONINI) AO LONGO DO  
RIO NEGRO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

## Resumo

As abelhas do gênero *Melipona*, são sem dúvida, as abelhas nativas americanas mais utilizadas para a produção de mel e outros produtos relacionados, desde antes da chegada europeia no continente. Apesar de serem considerados generalistas, cada espécie de abelhas-sem-ferrão apresenta preferências alimentares. Buscando contribuir para o entendimento da ecologia alimentar das abelhas *Melipona* foram analisadas 17 amostras de pólen de seis espécies de abelhas deste gênero ao longo do Rio Negro. O material foi retirado de potes de pólen encontrados em ninhos naturais. O material polínico foi homogeneizado e preparado segundo técnica usual de acetólise. Foram calculados a Frequência Relativa, a similaridade entre as dietas, a relação das dietas com o tamanho corporal das abelhas e o formato da curva de acumulação de espécies nas contagens polínicas. Foram identificados 32 tipos polínicos (17 famílias botânicas), sendo 13 destes, considerados atrativos, enquanto seis foram promotores de eventos de especialização temporária. Os resultados reafirmaram o padrão potencialmente generalistas dessas abelhas com eventos de especialização temporária, sendo mais influenciado pelas condições locais do que pelo parentesco entre as espécies na coleta dos recursos polínicos. Com os resultados obtidos foi possível sinalizar algumas plantas de importância na alimentação das abelhas que servem para auxiliar tanto programas de preservação dessas abelhas quanto para auxiliar a meliponicultura na Amazônia.

Palavras-chave: Amazônia, abelhas-sem-ferrão, recursos tróficos, comportamento alimentar

## Abstract

*Melipona* bees are undoubtedly the most managed native American bees for the production of honey and other related products since before European arrival. Although of being considered generalists, each species of stingless bees show food preferences. Seeking to contribute to the understanding of bees in the genus *Melipona* 17, pollen samples from six bee species of this genus were analyzed along the Rio Negro. The pollen material was taken from pots found in natural nests. The pollen material was homogenized and prepared according to the usual acetolysis technique. We calculated the relative frequency of each pollen type as well as the similarity among samples. We also checked for linear correlation between bee size and pollen spectra and used rarefaction to evaluate the completeness of the pollen counts. Was identified 32 plant species distributed in 17 botanical families, 12 of which were considered attractive, while six were considered as results of temporary specialization events. The results reaffirmed the potentially generalista pattern of these bees with temporary specialization events, being more influenced by local conditions than than by the kinship between species in the collection of pollen resources. With our results it was possible to indicate a list of plants of importance in the feeding of native bees that serve to assist both, the conservation programs for the bees and to assist the meliponiculture in the Amazon.

Keywords: Amazon, stingless bees, trophic resources, eating behavior

## 1 Introdução

As abelhas do gênero *Melipona*, são sem dúvida, as abelhas nativas mais utilizadas para a produção de mel e outros produtos relacionados desde antes da chegada dos espanhóis na América e subsequente introdução das abelhas europeias nessa região (Villanueva-Gutiérrez et al. 2010, Quezada-Euán 2018). Devido a facilidade de manejo e ao hábito dócil, a meliponicultura com abelhas deste gênero se propagou por todo o continente americano (Cortopassi-Laurino et al. 2006). Além do potencial para produção de mel, própolis e cera, os meliponíneos e em especial a *Melipona* são de grande importância econômica como agentes polinizadores, o que os posiciona como elementos chave para a conservação ambiental (Aidar 1996; Kerr 1987; Dorneles et al. 2013). Uma das diferenças das abelhas deste gênero em relação a grande maioria das outras espécies sem ferrão é a capacidade de vibrar a musculatura das asas e produzir o *buzz-pollination*, o que permite que colem grãos de pólen de anteras poricidas (Nunes-Silva et al. 2010).

O gênero *Melipona* compreende mais de 70 espécies (Camargo e Pedro 2013). As abelhas desse gênero possuem entre 7 e 15 mm de tamanho corporal e são consideradas abelhas de porte médio a grande (Oliveira et al. 2013) e a Amazônia é um grande centro de diversidade do gênero (Silveira 2002). No entanto, apesar da grande riqueza de espécies na região, sabe-se ainda muito pouco sobre sua biologia e seus hábitos alimentares na Amazônia, sobretudo daquelas espécies que não são amplamente utilizadas na criação racional (Carvalho-Zilse e Nunes-Silva 2012). Tanto pelo potencial que o conhecimento de novas espécies pode agregar quanto pela intensidade com que as ameaças a essas abelhas se intensificam na região, principalmente por conta da supressão de ambientes naturais e o uso indiscriminado de agrotóxicos (Barreto e Castro 2007; Venturieri 2009), por isso, os estudos com *Melipona* na Amazônia são urgentes (Brown e Albrecht 2001).

Apesar de serem considerados generalistas, cada espécie de abelhas-sem-ferrão apresenta uma preferência alimentar (Marques-Souza 1995; Kleinert et al. 2009; Rech e Absy, 2011a, 2011b; Ferreira e Absy 2013). A *Melipona* por exemplo, embora tida como generalista, apresenta em geral um nicho trófico mais restrito (Kerr 1986/1987; Marques-Souza 1996; Ferreira e Absy 2013) quando comparado com outras abelhas, até mesmo com as de porte menor. Isso leva a questionar se o nicho trófico tem alguma relação com o tamanho corporal das abelhas. Porém, até o momento não se avaliou a relação do tamanho corporal com a amplitude do nicho trófico e a diversidade do pólen coletado por abelhas-sem-ferrão.

Sabe-se que as abelhas maiores possuem uma capacidade de voo maior e se dispersam muito mais rapidamente que abelhas pequenas, com raio de voo mais restrito, o que levaria a esperar que tivessem acesso a mais fontes alimentares resultando em dietas mais diversificadas (Silveira et al. 2002). No entanto, sabe-se também que existem outras variáveis que podem influenciar o tamanho do nicho trófico, como o número de operárias na colônia e a forma de comunicação por exemplo (Kerr et al. 1996; Rech e Absy 2011a; Witter e Nunes-Silva 2014).

Outro ponto relacionado à composição do nicho trófico das abelhas é o papel da escala na descrição da amplitude e diversidade de recursos florais coletados por diferentes espécies de abelhas. Seria importante saber, por exemplo, o quanto as coletas individuais, feitas em um ou em poucos potes de alimentos refletem o padrão geral de coletas encontrado em estudos anuais, ou seja, qual é o papel da escala temporal na avaliação do nicho trófico de uma dada espécie de abelha? (Rasmussen et al. 2013, Vizentin-Bugoni et al. 2016). Esse dado pode ser viabilizado através de comparação com trabalhos já realizados com um esforço amostral maior frente aos dados obtidos neste estudo que representam coletas episódicas.

As comparações para estes estudos são muitas vezes dificultadas pois em geral os estudos acerca da composição das dietas de abelhas são feitos com colônias mantidas em condições de manejo, que não refletem o ambiente natural dos ninhos das abelhas nativas. Neste estudo utilizamos dados de composição da dieta polínica obtidos de ninhos acessados em seu ambiente natural na região amazônica brasileira.

Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi identificar o pólen estocado nas colônias de diversas espécies de *Melipona* coletadas ao longo do Rio Negro e caracterizar as plantas apícolas de importância alimentar para esses meliponíneos. Buscamos avaliar ainda o papel do esforço de coleta e do tamanho corporal das abelhas na composição de suas dietas. Além disso, este estudo buscou agregar novas informações sobre a biologia de seis espécies de *Melipona* em seu habitat natural em uma vasta área territorial da Amazônia apresentando assim um potencial para compor o panorama geral sobre abelhas-sem-ferrão em ambientes naturais.

## **2 Material e Métodos**

O material polínico estudado foi coletado em um trecho ao longo do canal do Rio Negro e seus afluentes, entre os municípios de Manaus e São Gabriel da Cachoeira, localizado na Amazônia brasileira (Fig. 1). A área de coleta possui vegetação de igapó, com alguns pontos sob influência da vegetação de terra-firme. De acordo com Wittmann et al. (2006) esse ambiente



de floresta alagada da Amazônia possui muitas espécies tolerantes a esse sistema de inundação sendo considerada a floresta úmida mais rica em espécies do mundo.

As coletas foram realizadas no ano de 1999 (15/07 a 15/08), pelo Dr. João Maria Franco de Camargo (*in memorian*) e equipe (M. Mazucato e S. R. M. Pedro) em oito comunidades (Foz do Paduaú, Ilha do Pinto, Lago Caurés, Nazaré, Plano margem direita, Santa Helena, Santa Isabel e Tabocal) (Fig.1). As amostras de pólen analisadas foram retiradas de ninhos de abelhas do gênero *Melipona* Illiger, (1806).

As coletas foram realizadas em todos os ninhos encontrados. Cada pote de pólen fechado foi considerado uma amostra, por essa razão o número de amostras por espécie varia conforme o número de potes fechados encontrados em cada ninho. As amostras da mesma espécie de abelha, encontradas na mesma localidade, representam o mesmo ninho. No total, foram analisadas 17 amostras provenientes de 11 ninhos de seis espécies de abelhas: *Melipona compressipes* Posey, 1983; *Melipona (Michmelia) crinita* Moure & Kerr, 1950; *Melipona (Michmelia) fuliginosa* Lepeletier, 1836; *Melipona eburnea fuscopilosa* Moure, J. S. & W. E. Kerr, 1950, *Melipona (Michmelia) paraensis* Ducke, 1916; *Melipona seminigra* Friese, H., 1903. A retirada das amostras para análise foi realizada com uso de espátulas plásticas esterilizadas, colocados em placas de Petri, pesadas (0,5g) e acondicionada posteriormente em tubos *falcon* com 3ml de ácido acético glacial. Após 24 horas de descanso, o material foi acetolizado, seguindo o protocolo de Erdtman (1960). A montagem das lâminas foi realizada com gelatina glicerina e lutadas com parafina (Salgado-Labouriau 1973). Foram preparadas três lâminas por amostras.

A identificação dos tipos polínicos encontrados foi realizada com base nas características morfológicas (polaridade, tamanho, forma, zonas de superfície e número de aberturas) e por meio da comparação com as lâminas de referência da Palinoloteca do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), incluindo as dos tipos ocorrentes nas áreas estudadas neste trabalho, bem como pela consulta de guias especializados (Roubik e Moreno 1991; Carreira et al. 1996; Lorente et al. 2017). Para a caracterização taxonômica dos grãos de pólen, foi adotado o conceito “tipo polínico” proposto por Joosten e Klerk (2002) e de Klerk e Joosten (2007). As medições e fotomicrografias foram obtidas através de um microscópio (Zeiss – PrimoStar) e do programa de captura de imagem AxionCam ICc.

Para cada amostra foi feita a contagem de 600 grãos de pólen de acordo com as classes de contagem propostas por Vergeron (1964) para quantificação de riqueza/abundância. Para verificação da suficiência amostral de 600 grãos para *Melipona* foi feita para cada amostra uma



curva de rarefação no programa R software. Seguiu-se o protocolo de Ramalho et al. (1985), na definição da representação mínima de 10%, para considerar uma planta atrativa para a abelha em questão.

Para averiguação dos eventos de especialização temporária (coleta concentrada em uma fonte específica de pólen) foi utilizada a representação mínima de 90% de um só tipo polínico em uma amostra conforme proposto por Rech e Absy (2011a, 2011b).

A partir dos dados de abundância dos tipos polínicos, foi realizada uma análise de similaridade, utilizando-se o agrupamento por pareamento com o índice de Bray-Curtis para visualização das relações entre as amostras, onde agrupamentos com limiar igual ou superior a 60% foram considerados similares (Parks e Beiko 2012). Utilizamos o valor de dominância para avaliar a representatividade geral dos tipos polínicos nas amostras seguindo a fórmula: Índice de Dominância =  $1 - \text{Índice de Diversidade de Simpson}$ ,  $DS = ((ni/N)^2)$  onde ni é o número de tipos polínicos da amostra i e N é o número total de grão de pólen contados na amostra. Esse índice varia de 0 a 1, sendo 0 quando todas as espécies tem a mesma abundância e 1 quando uma espécie apenas domina a amostra. Para verificar a relação entre o tamanho corporal das abelhas e a amplitude do nicho trófico, foi realizada uma análise de correlação linear no software PAST ([http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu\\_analiize/PAST/.html](http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analiize/PAST/.html)). As medidas corporais das operárias foram realizadas considerando o tamanho corporal total das abelhas (da cabeça ao ápice do tórax). Além disso, foi calculado a Frequência Relativa dos tipos polínicos encontrados por abelha em cada localidade distinta, utilizando o programa Excel®2012.

Os espécimes testemunhos das abelhas estudadas estão depositados na coleção “Camargo” – RPSP, no Departamento de Biologia, da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. As lâminas de pólen estão depositadas na Palinoteca do Laboratório de Palinologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA. As espécies de abelhas foram identificadas por João M. F. Camargo e Pedro, levando em consideração a classificação de Camargo e Pedro (2008). A nomenclatura das plantas segue a base de dados Tropicos.org (Missouri Botanical Garden- MOBOT) e a proposta de classificação do APG IV (2016).

### 3 Resultados

Foram analisados 17 potes de pólen e verificado que as operárias de *Melipona* estudadas, coletaram pólen de 32 espécies vegetais distribuídas em 17 famílias botânicas (sete identificados até o nível de espécie, 23 até gênero e duas até família – Tab.1). Em média, cada pote de pólen apresentou cinco tipos polínicos. As espécies *M. crinita* e *M. paraensis* foram as que apresentaram espectro polínico mais amplo com oito e dez tipos polínicos por amostra, respectivamente. Em contraste, o espectro de pólen mais restrito foi registrado para *M. compressipes*, que apresentou amostra com apenas três tipos polínicos. A quantidade de tipos polínicos encontrados em cada ninho não apresentou correlação ( $r$ ) com a quantidade de potes analisados ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,21$ ), onde o valor de ‘ $p$ ’ não foi significativo a 0,05%.

Das 17 famílias botânicas utilizadas por *Melipona*, Fabaceae com nove tipos polínicos representou a família com maior riqueza de espécies coletadas. Outras famílias importantes a formação do espectro polínico das abelhas analisadas foram: Euphorbiaceae (três tipos), Salicaceae (três tipos), Myrtaceae (dois tipos), Urticaceae (dois tipos) entre outras.

Os tipos polínicos mais recorrentes foram *Byrsonima* tipo e *Swartzia* tipo, ambos presentes em 52,9% das amostras analisadas. As espécies consideradas atrativas (frequência >10%) para as abelhas foram: *Aldina heterophylla*, *Bellucia* tipo, *Byrsonima* tipo, *Eschweilera* tipo, *Eugenia* tipo, *Mabea* tipo, *Maximiliana maripa*, *Miconia* tipo, *Protium* tipo, *Ryania speciosa*, *Sapium* tipo, *Swartzia* tipo e *Vismia* tipo (Tab. 2 e Fig. 4). Foram observados sete eventos de especialização temporária (frequência >90%) o que representa 41% das amostras, estes foram: dois entre os cinco potes de *M. compressipes*, dois entre os cinco potes de *M. paraensis*, e três entre quatro potes de *M. seminigra*. As espécies de plantas encontradas em tais potes que promoveram os eventos de especialização temporária foram: *Bellucia* tipo, *Eschweilera* tipo, *Miconia* tipo, *Ryania speciosa*, *Swartzia* tipo e *Vismia* tipo (Tab. 1). Os valores de dominância foram altos em todas as amostras que apresentaram eventos de especialização temporária (Fig. 3). Dos 32 tipos polínicos identificados nas amostras, sete tipos polínicos foram exclusivos para *M. paraensis*, três para *M. compressipes* e *M. seminigra*, dois para *M. fuscopilosa* e um tipo exclusivo para *M. crinita* e *M. fuliginosa* (Tab. 1).

A análise de agrupamento realizada por ninhos (considerando todo o material polínico (quando tinha mais de uma amostra) encontrado para a mesma espécie em uma mesma localidade), permitiu observar que a similaridade entre as dietas das abelhas da mesma espécie foi baixa (Fig. 2). Neste caso, apenas dois ninhos de *M. paraensis* (Santa Isabel e Ilha do Pinto) ficaram com similaridade acima do limiar de 60% (considerado similar) devido especialmente

a coleta em comum do tipo polínico *Miconia*, que representou 94,2 e 94,5% respectivamente, em suas amostras. *Melipona paraensis* em Lago Caurés até se agrupou com a mesma espécie, mas a similaridade foi baixa (próximo de 20%), pois apesar de ter coletado *Miconia* tipo, outro tipo polínico teve maior representação em suas coletas- *Aldina heterophyla*.

Em Ilha do Pinto, *A. heterophyla* também foi coletada, mas em pequena quantidade. *Melipona paraensis* em Nazaré coletou principalmente *Byrsonima* tipo e *Swartzia* tipo, o que a agrupou a outras espécies de abelhas. Em relação a espécies diferentes com dietas similares apenas *M. compressipes* e *M. fuscopilosa* encontradas em localidades distintas compartilharam o tipo polínico *Bellucia*, neste caso com similaridade próxima a 60%. *Melipona seminigra* em Foz do Paduarí, se isolou das demais espécies, principalmente por ter coletado predominantemente *Vismia* tipo, que foi encontrada apenas nas amostras de *M. fuliginosa* (54,5%) e *M. paraensis* (2,83%).

Quando realizada considerando o conteúdo dos potes de cada ninho, a análise de similaridade mostrou de forma geral uma consistência interna dos potes nos ninhos (Fig. 3). A diversidade de tipos polínicos média por pote não apresentou relação com tamanho corporal das abelhas ( $r = 0,6$ ;  $p < 0,15$ ). A curva de rarefação realizada para cada amostra, revelou que a maioria das amostras atingem suficiência amostral com menos que 600 grãos. Apenas três amostras neste trabalho não apresentaram saturação da curva (Figura 5).

#### 4 Discussão

Neste estudo acrescentamos dados sobre a dieta polínica em ambiente nativo na Amazônia para seis espécies de abelhas *Melipona*. Semelhante aos estudos anteriores com abelhas nativas na região do Rio Negro, demonstrando que abelhas *Melipona* são potencialmente generalistas, embora apresentem uma diversidade de tipos polínicos relativamente menor que outras espécies já estudadas nesta mesma região como as pertencentes aos gêneros *Plebeia* sp., *Ptilotrigona lurida*, *Tetragonisca* sp. e *Frieseomelitta* (Rech e Absy 2011b; Pimentel et al. 2018 (submetido)) e que, na oferta de recursos muito atrativos realizam eventos de especialização temporária. Demonstramos ainda que o perfil polínico encontrado em ninhos de *Melipona* foi mais influenciado pelas condições locais do que pelo parentesco entre as espécies de abelhas. Além disso, identificamos que não há uma relação clara entre o tamanho corporal das abelhas e a riqueza ou diversidade das dietas polínicas dentre as espécies estudadas.

O comportamento de forrageio generalista, como encontrado nas *Meliponas* amazônicas é considerado uma necessidade básica entre os Meliponíneos, sendo portado aceito como padrão entre as abelhas eusociais da família Apidae (Cortopassi-Laurino e Ramalho 1982; Ramalho et al. 1989). No entanto, ao analisarmos o pólen transportado para dentro dos ninhos das abelhas estudadas, poderíamos inferir que nem todas as abelhas desse estudo apresentaram hábito de fato generalista no enchimento dos potes analisados. De acordo com os critérios proposto por Absy et al. (1984) são consideradas generalistas apenas as abelhas que utilizam 10 ou mais plantas por ninho. Porém, apesar do trabalho de Absy et al. (1984) apresentar seu período de coleta (aproximadamente um mês), semelhante ao do presente estudo, não determinaram quantos potes/amostras foram coletadas durante o espaço de tempo estudado. Neste presente estudo, houve espécies com uma única amostra analisada, oferecendo apenas uma estimativa parcial do potencial generalista da espécie.

A análise de correlação linear mostrou que entre *Meliponas* a quantidade de tipos polínicos encontrados não teve relação com o tamanho do esforço amostral e nem com o tamanho corporal das abelhas. No caso do esforço amostral, pode ter sido pelo fato de serem poucas amostras analisadas de cada abelha, pois ao longo de um ano é possível observar o acréscimo de tipos polínicos à medida que as coletas vão sendo analisadas (Marques-Souza 1996; Antonini et al. 2006, Ferreira e Absy 2015, Ferreira e Absy 2017b, Rezende et al. 2018). Em relação ao tamanho das abelhas, pelo fato das *Meliponas* serem abelhas de porte médio e robustas (Oliveira et al. 2013) e possuírem uma capacidade de voo maior e se dispersarem muito mais rapidamente do que abelhas pequenas, com raio de voo mais restrito (Silveira et al. 2002), nos levou a esperar que tivessem acesso a mais fontes alimentares resultando em dietas mais diversificadas. No entanto, nossos resultados mostraram que essas características não tiveram influência em suas dietas, apresentando nicho trófico mais restrito que outras abelhas menores, como *Frieseomelitta*, analisada na mesma área (capítulo 1).

A fidelidade floral é um comportamento facilmente observado em *Meliponas* (Ramalho et al. 1994, Rezende et al. 2018). Isso porque decisões econômicas podem levar as abelhas a exibir constância floral ou especialização temporária (Ramalho et al. 2007), este último, observado em 41% das amostras analisadas neste estudo. Os dados mostraram também que os valores de dominância (Fig. 3) foram alto nas amostras que tiveram eventos de especialização temporária, o que diminui a diversidade da amostra, podendo ser facilmente visualizado na tabela 1. Segundo Marques-Sousa (2002) a fidelidade em uma fonte de alimento pode estar ligada a capacidade de comunicação entre as abelhas. Para este autor as *Meliponas* conseguem

repassar a localização exata das fontes mais produtivas e preferenciais, não precisando se dispersar a procura de outras fontes, como é o caso, por exemplo, de *Frieseomelitta*. Por essa razão, abelhas com menor capacidade de comunicação apresentam uma diversidade maior em seu nicho trófico. E são as preferências alimentares de cada abelha somado a monopolização de suas fontes mais atrativas que torna o seu nicho ecológico diferente de outra espécie (Case e Gilpin 1974).

Dentre as 32 espécies botânicas identificadas nas amostras estudadas, 12 foram consideradas atrativas para as abelhas deste estudo (Tab. 1). Estas, estão dentro das famílias botânicas comumente visitadas por essas abelhas (Anexo 1). Vários estudos na Amazônia apontam afinidades entre as abelhas *Melipona* e as famílias botânicas aqui encontradas (Absy e Kerr 1977, Absy et al. 1980, Absy et al. 1984, Kerr e Absy 1986/87, Marques-Souza 1996, Marques-Souza 2002, Martins et al. 2011, Ferreira e Absy 2013, 2015, 2017, Rezende et al. 2018).

Outro ponto interessante de verificar é que nosso trabalho representou 28,3% do total de plantas que já foram levantadas para *Melipona* na Amazônia. Os trabalhos na Amazônia registraram um total de 60 famílias botânicas visitadas por esses Meliponíneos entre os anos de 1977 e 2018 (Anexo 1). Em 58% dos trabalhos o esforço amostral ultrapassou um ano.

Nos trabalhos que foram realizados com esforço amostral inferior a três meses (Absy et al. 1984, Ferreira e Absy 2013, 2017) representaram 75%, 31% e 55% respectivamente do total de plantas visitadas por *Meliponas*. Dois trabalhos tiveram um esforço amostral (coletas mensais) de seis meses (Marques-Souza et al. 1995, Ramalho et al. 2007) e ambos representaram 25% do total de famílias visitadas por *Melipona* nessa região. Este último percentual é inferior ao encontrado em nossas amostras com um esforço amostral menor. Isso indica que as amostras deste trabalho provavelmente representam um período temporal maior que o de coleta, demonstrando que as *Meliponas* estocam pólen. No entanto, estes dados nos mostram que trabalhos com esforço amostral inferiores a seis meses representam apenas uma estimativa parcial do potencial dessas espécies.

Uma família que teve destaque em nossas coletas foi Melastomataceae, presente nos eventos de especialização temporária, reafirmando a importância desta família como recurso alimentar de *Melipona*, encontrada também em diversos trabalhos com essas abelhas na Amazônia (Marques-Souza 1995, Marques-Souza et al. 2002, Oliveira et al. 2009, Ferreira e Absy 2013, Ferreira e Absy 2017b). Isso é possibilitado porque espécies desta família tem grande abundância de pólen e ficam disponíveis por longos períodos de floração (Absy e Kerr

1977; Oliveira et al. 2009). Além disso, as espécies desta família possuem anteras poricidas, o que impedem que o pólen seja coletado facilmente por qualquer abelha (Renner 1989). A *Melipona* possui habilidades para extrair esses grãos polínicos realizando *buzz pollination* através da vibração da musculatura de voo quando pousada nas flores (Ramalho et al. 2007).

Outra família em destaque neste estudo foi Fabaceae. Essa família foi encontrada em todos os trabalhos realizados com *Melipona* na região Amazônica (Absy e Kerr 1977, 1980, Absy et al. 1984, Kerr et al. 1986/87, Marques-Sousa et al. 1995, 2002, Marques-Sousa 1996, Ramalho et al. 2007, Carvalho et al. 2001, Antonini et al. 2006, Martins et al. 2011, Ferreira e Absy 2013, 2015, 2017a, 2017b, Rezende et al. 2018). Foi destaque também nos trabalhos realizados por Rech e Absy (2011a, 2011b) no Rio Negro com vários Meliponini. Fabaceae é evidente tanto em trabalhos realizados na Amazônia (Freitas e Novais 2014) quanto em levantamento de dados melissopalínológicos realizado no Brasil (Souza et al. 2018). Isso provavelmente esteja ligado a abundância das espécies dessa família na Amazônia brasileira amplamente distribuídas em vários habitats dessa região, pois são encontradas em todos trabalhos realizados na Amazônia (Freitas e Novais 2014) e confirmado neste trabalho (Anexo 1).

Os tipos polínicos *Byrsonima* tipo e *Swartzia* tipo foram os mais recorrentes nas amostras deste estudo. Essas espécies foram encontradas também nos trabalhos de Rech e Absy (2011a, 2011b) nas amostras de outros Meliponíneos, afirmando essas espécies como presentes ao longo do Rio Negro. Diversos estudos palinológicos nesta região registraram a presença desses tipos polínicos nos espectros de *Melipona* (Absy et al. 1984, Marques-Sousa 1996, Oliveira 2009, Ferreira e Absy 2015, 2017a, Rezende et al. 2018). Isso demonstra sua importância na dieta dessas abelhas. As espécies do gênero *Byrsonima*, por exemplo, oferecem como recursos para diversas abelhas o pólen, o néctar e óleo tornando-se, portanto, espécies atrativas para as abelhas (Oliveira et al 2009) podendo serem incluídas nos projetos regionais de reflorestamento, visando favorecer o manejo dessas espécies de abelha e melhorar a produção de pólen e mel.

A análise de similaridade mostrou uma consistência interna dos potes nos ninhos, evidenciando que cada ninho parece possuir seu próprio perfil, sendo forte dentro de uma mesma espécie em um mesmo local. Resultado semelhante foi encontrado por Ferreira e Absy (2017a) que estudaram duas espécies de *Melipona* na Amazônia, sugerindo que as espécies trabalham em sincronia no mesmo local. Porém, quando a análise foi realizada por pote, os resultados permitiram observar que a similaridade foi baixa entre espécies encontradas em locais distintos. Isso revela um papel importante na disponibilidade de recursos e da

comunidade local em que as espécies estão inseridas para definir quais tipos polínicos que cada espécie vai coletar. Esse resultado também demonstra que não há uma determinação filogenética das preferências alimentares entre *Melipona*, ou seja, a mesma espécie em locais diferentes, não necessariamente coleta o mesmo recurso.

No geral, este trabalho apresentou dados inéditos para três espécies de abelhas ainda não estudadas na Amazônia (*M. crinita*, *M. fuliginosa* e *M. fuscopilosa*) reafirmando o padrão potencialmente generalistas dessas abelhas com eventos de especialização temporária, sendo mais influenciado pelas condições locais do que pelo parentesco entre as espécies na coleta dos recursos polínicos. Com a inclusão dessas espécies de *Melipona*, se conclui a análise do material coletado por Camargo, Pedro e Mazucato em 1999, ressaltando a importância fundamental que esses trabalhos voltados ao conhecimento básico da biologia de espécies nativas possui, pois muito conhecimento foi gerado a partir dos dados coletados por esses pesquisadores nessa missão pela Amazônia.

## **5 Agradecimentos**

Os agradecimentos vão para o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela bolsa de estudos concedidas a mim, que é de grande importância para o suporte financeiro durante essa etapa e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia(INPA) pela assistência e ao Laboratório de Palinologia da Coordenação de Biodiversidade (COBIO/INPA) pela ajuda no fornecimento da infraestrutura necessária para a realização deste estudo.

## **6 Conclusão**

Considerando a variedade de tipos polínicos nas amostras analisadas, pode-se concluir que as espécies de abelhas estudadas são generalistas no uso dos recursos florais, o que as tornam adaptáveis ao uso de várias espécies. No entanto, em função da atratividade de determinadas floradas, apenas algumas espécies de plantas foram de fato significativas em suas dietas. Mediante a esses dados, o presente trabalho sinaliza diversas espécies botânicas importantes para o pasto apícola dessas abelhas e aponta como os diferentes gêneros se comportam em relação aos recursos disponíveis. Essas espécies podem tanto ser incluídas nos projetos regionais de reflorestamento, visando favorecer o manejo dessas abelhas, como contribuir com a meliponicultura na região. Pois estas plantas quando manejadas

adequadamente podem favorecer a produção de pólen e mel. Além disso, o presente estudo contribui ainda para o entendimento do padrão de interação entre abelha-planta na Amazônia, na medida que corrobora com outros trabalhos já desenvolvidos nessa região.

## 7 Referências

- Absy, M. L.; Bezerra, E. B.; Kerr, W. E. 1980. Plantas nectaríferas utilizadas por duas espécies de *Melipona* da Amazônia. *Acta Amazônica* 10 (2): 271-281p.
- Absy, M. L.; Camargo J. M. F. Kerr W. E; Miranda I.P.A. 1984. Espécies de plantas visitadas por Meliponinae (Hymenoptera: Apoidea), para coleta de pólen na região do médio Amazonas. *Ver. Brasil. Biol.*, 44 (2): 227-237p.
- Absy, M. L.; Ferreira, M.G.; Marques-Souza, A. C. 2013. Entomologia na Amazônia brasileira. Manaus: INPA. Capítulo 10, Recursos tróficos obtidos por abelhas sem ferrão na Amazônia Central e sua contribuição a Meliponicultura regional; p. 147–158p.
- Absy, M. L.; Kerr, W. E. 1977. Algumas plantas visitadas para obtenção de pólen por operárias de *Melipona seminigra merrillae* em Manaus. *Acta Amazônica*, 7:309–315p.
- Aidar, D. S. 1996. Mandaçaia: bee biology, management and artificial multiplication of colonies of *Melipona quadrifasciata* Lep (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae. *Brazilian Journal of Genetics*. Monographs serie. 103p.
- Antonini, Y.; Costa, R. G.; Martins, R. P. 2006. Floral preferences of a neotropical stingless bee, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (apidae: meliponina) in an urban forest fragment. *Braz. J. Biol.*, 66(2A): 463-471p.
- APG III. 2009. Angiosperm Phylogeny Group (APG) classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society* 161:105-121.
- APG VI. 2016. Angiosperm Phylogeny Group (APG). 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181: 1-20.
- Brown, J. C.; Albrecht, C. 2001. The effect of tropical deforestation on stingless bees of the genus *Melipona* (Insecta: Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in central Rondonia, Brazil. *Journal of Biogeography*, 28, 623-634p.
- Camargo, J. M. F.; Pedro, S. R. M. 2008. Meliponini Lepeletier, 1836. In: Moure, J. S., Carreira, L. M. M.; Silva, M. F.; Lopes, J. R.C.; Nascimento, L. A. S. 1996. Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 137p.



- Carvalho, C.A.L.; Moreti, A.C.C.C.; Marchini, L.C.; Alves, R.M.O.; Oliveira, P.C.F. 2001. Pollen spectrum of “Urucu” bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811). *Revista Brasileira de Biologia* 61: 63-67p.
- Carvalho-Zilse, G.A.; Bass, H. C. V.; Costa, K. B.; Silva, C. G. N.; Souza, M. T.; Fernandes, R. S. 2012. *Meliponicultura na Amazônia*. 1. ed. Manaus - AM: Acta Amazonica, v. 1. 50p.
- Cortopassi-Laurino, M.; Ramalho, M. 1982. Pollen harvest by Africanized *Apis mellifera* and *Trigona spinipes* in São Paulo: Botanical and ecological views. *Apidologie* 19: 1-24.
- Cortopassi-Laurino, M. et al. 2006. Global meliponiculture: challenges and opportunities. *Apodologie*, 37, 275-292p.
- Klerk, P.; Joosten, H. 2007. The difference between pollen types and plant taxa: a plea for clarity and Scientific freedom. *Eiszeitalter und Gegenwart / Quaternary Science Journal*, 56: 162-171p.
- Dorneles, L. L. et al. 2013. Biologia da polinização do açazeiro-do-sul *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) e associação com abelhas sociais (Apidae: *Apini*) em sistema groflorestal na Ilha de Santa Catarina. *Revista Iheringia*, (68): 47-57p.
- Erdtman, G. 1960. The acetolysis method. A revided description. *Sv. Bot. Tidskr*, 531.
- Espécies de *Melipona* da Amazônia. *Acta Amazônica* 10:271–281p.
- Ferreira, M. G.; Absy, M. L. 2013. Pollen analysis of the post-emergence residue of *Melipona (Melikerria) interrupta* Latreille (Hymenoptera: Apidae), created rationally in the Central Amazon. *Acta Botanica Brasilica* 27:709–713p.
- Ferreira, M. G.; Absy, M. L. 2015. Pollen niche and trophic interactions between colonies of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) reared in floodplains in the Central Amazon. *Arthropod Plant Interactions* 9:263–279p.
- Ferreira, M. G.; Absy, M. L. 2017a. Pollen analysis of honeys of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil. *Grana* 56(6):1–14p.
- Ferreira, M.G.; Absy, M. L. 2017b. Pollen niche of *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) bred in a meliponary in a terra-firme forest in the central Amazon. *Palynology* 41:1–11p.
- Freitas, W. A. T.; Novais J. S. 2014. Melissopalynology in the brazilian Amazon: a databank of pollen types cited in the literature. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología*, 14:103-136p.

Camargo, S. R. M.; Pedro, J. M. F. 2013. Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Jan/07/2020.

Joosten, H.; Klerk, P. 2002. What's in a name some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in Quaternary palynology. *Rev Palaeobot Palynol* 122:29–45p.

Kerr, W. E.; Carvalho, G. A.; Nascimento, V. A. 1996. *Abelha Uruçu: Biologia, Maejo e Conservação*- Belo Horizonte-MG: Acangaú, 156p.

Kerr, W.E. 1986/87. Brazilian native bees (stingless bees) for pollination, the production of honey, pollen, wax and geopropolis. *Informe Agropecuário*, 13: 15-22p.

Kleinert, A. M. P.; Ramalho, M.; Cortopassi-Lurino, M.; Ribeiro, M. F; Imperatriz-Fonseca, V. L. 2009. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: Panizzi e Parra. Eds. *Bioecologia e nutrição de insetos*. Embrapa, 373-246p.

Lorente, F. L.; Buso Junior, A. A.; Oliveira, P. E.; Pessenda, L. C. R. 2017. Atlas Palinológico: Laboratório <sup>14</sup>C – Cena/USP. FEALQ, 333p.

Marques-Souza, A. C.; Miranda, I. P. A.; Moura, C. O.; Rabelo, A.; Barbosa, E. M. 2002. Características morfológicas e bioquímicas do pólen coletado por cinco espécies de meliponíneos da Amazônia Central. *Acta Amazônica* 32 (2):217–229p.

Marques-Souza, A. C. 1996. Fontes de pólen exploradas por *Melipona compressipes manaosensis* (Apidae: Meliponinae) abelha da Amazônia central. *Acta Amazônica*, 26 (1/2) 77-86p.

Marques-Souza, A. C.; Absy, M. L.; Kerr, W.E.; Aguilera-Peralta, F. J. 1995. Pólen coletado por duas espécies de Meliponíneos (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia. *Revista Brasileira de Biologia* 55: 855-864p.

Marques-Souza, A. C. 2010. Ocorrência do pólen de *Podocarpus* sp. (Podocarpaceae) nas coletas de *Frieseomelitta varia* Lepeletier 1836 (Apidae: Meliponinae) em uma área de Manaus, AM, Brasil. *Acta botânica brasileira*. v. 24, p. 558-566p.

Martins, A. C.; Rêgo, M. M. C.; Carreira, L. M. M. Albuquerque, P. M. C. 2011. Espectro polínico de mel de tiúba (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, Hymenoptera, Apidae). *Acta Amazônica*, vol. 41(2) 2011: 183 – 190p.

Nunes-Silva P.; Hrcir M.; Imperatriz-Fonseca V. L. 2010. A polinização por vibração. *Oecologia Australis* 14(1): 140-151p.

- Oliveira, F. P.; Absy, M. L.; Miranda, I. S. 2009. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. *Acta Amazônica*, vol. 39(3) 2009: 505 – 518p.
- Ramalho, M. A.; Imperatriz-Fonseca, V. L. 1989. Utilization of floral resources by species of *Melipona* (Apidae, Meliponina): floral preferences. *Apidologie* 20p.
- Ramalho, M.; Giannini, T. C.; Malagodi-Braga, K. S.; Imperatriz-Fonseca, V. L. 1994. Pollen harvest by stingless bee foragers (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Grana*, 33(4-5), 239-244p.
- Parks D, H.; Beiko R. G. 2012. Measuring Community Similarity with Phylogenetic Networks. *Mol. Biol. Evol.* 29(12):3947–3958p.
- Ramalho, M.; Silva, M. D.; Carvalho, C. A. L. 2007. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): Uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology*, 36(1), 038-045p.
- Ramalho, M.; Imperatriz-Fonseca, V. L.; Kleinert-Giovannini, A. 1985. Exploitation of floral resources by *Plebeia remota* Holmberg (Apidae - Meliponinae). *Apidologie*, 16: 307-330p.
- Ramalho, M.; Silvia, M.; Carvalho, D. 2007. Dinâmica de Uso de Fontes de Pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): Uma Análise Comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology* 36(1):038-045p.
- Rasmussen, C. *et al.* 2013. Strong Impact of Temporal Resolution on the Structure of an Ecological Network. *PLoS ONE* 8(12): 81694p.
- Rech, A. R.; Absy, M. L. 2011a. Pollen storages in nests of bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55: 361-372p.
- Rech, A.R, Absy, M. L. 2011b. Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. *Grana*, 50: 150-161p.
- Renner, S.S. 1989. A survey of reproductive biology in Neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. Vol. 76, No. 2. 496-518p.
- Rezende, A. C.C.; Absy, M.L.; Ferreira, M.G.; Marinho, H.A.; Santos, O. A. 2018. Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sataré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil. *Palynology*, 13p.

- Roubik, D. W.; Moreno, J. E. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. Monogr Systematic Bot Mo Bot Garden, 36:1–300p.
- Salgado-Labouriau, M. L. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados, Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291p.
- Silveira, F. A.; Melo, G. A. R.; Almeida, E. A. B. 2002. Abelhas brasileiras: Sistemática e identificação [Brazilian bees: systematics and identification]. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira. 253p.
- Souza, R. R.; Abreu, V. H. R.; Novais, J. S. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. Palynology, 3: 12p.
- Vergeron, P. 1964. Interprétation statistique des résultats en matière d'analyses pollinique des miels. Ann Abeille, 7: 349–364p.
- Vizentin-Bugoni, J. *et al.* 2016. Influences of sampling effort on detected patterns and structuring processes of a Neotropical plant– hummingbird network. Journal of Animal Ecology, 85, 262–272p.
- Kerr, W. E.; Absy, M. L.; Marques-Souza, A. C. 1986/87. Espécies nectaríferas e poliníferas utilizadas pela abelha *Melipona compressipes fasciculata* (Meliponinae, Apidae), no Maranhão. Acta Amazônica, 16/17: 145 – 156p.
- Witter, S.; Nunes-Silva, P. 2014. Manual de boas práticas para o manejo e conservação de abelhas nativas (meliponíneos). 1. ed. - Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, 141p.
- Wittmann, F.; Schongart, J.; Montero, J. C.; Motzer, T.; Junk, W. J.; Piedade, M. T. F.; Queiroz, H. L.; Worbes, M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white-water forests across the Amazon basin. Journal of Biogeography, 33:1334–1347p.



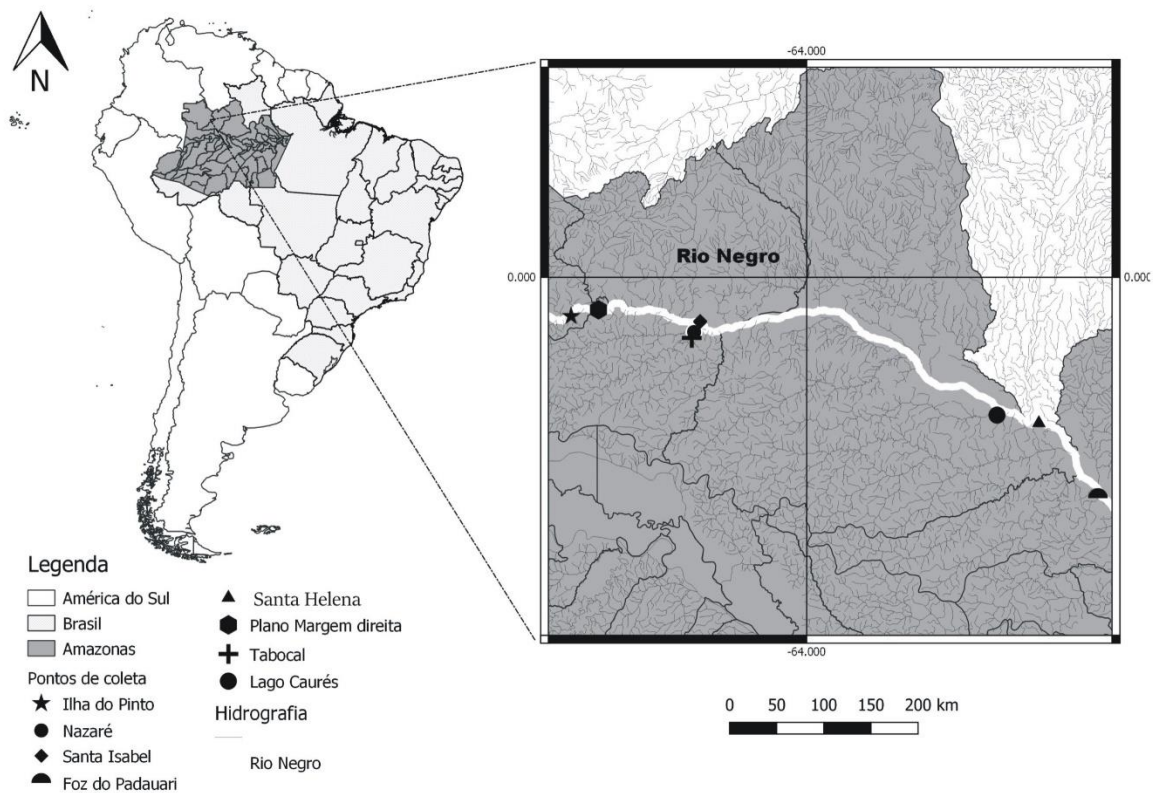


Figura 1. Mapa mostrando locais de amostras ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil

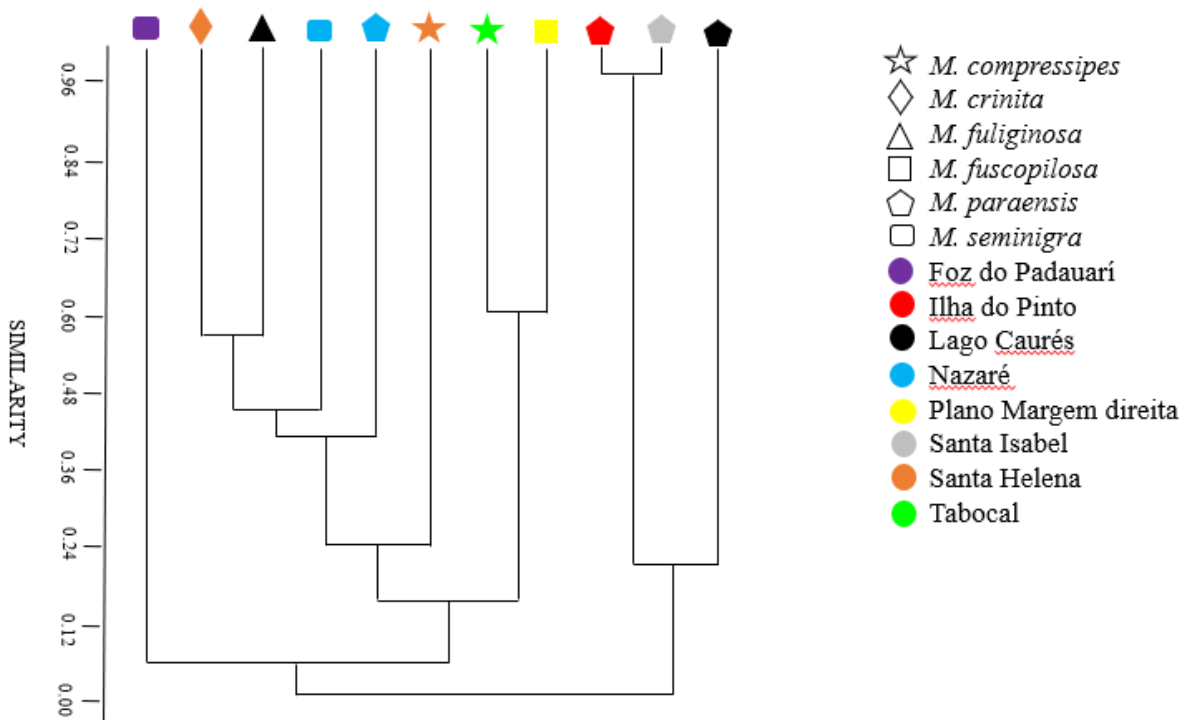


Figura 2. Análise de agrupamento dos ninhos de *Melipona compressipes*, *M. crinita*, *M. fuliginosa*, *M. fuscopilosa*, *M. paraensis* e *M. seminigra* de acordo com a identidade dos espectros polínicos usando o “método de agrupamento” em função do Índice de Bray Curtis, ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Os símbolos representam as espécies de abelhas e as cores referem-se as localidades. Símbolos diferentes estão relacionados a espécies diferentes, e as cores estão associadas ao local de amostragem.

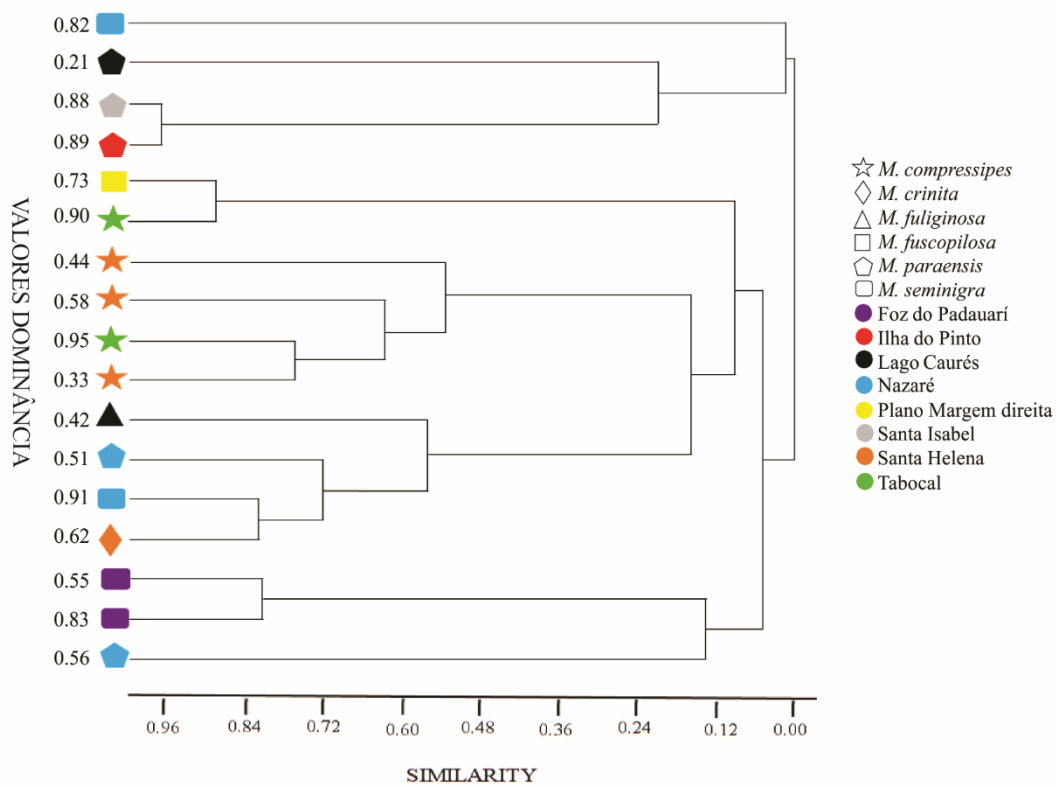


Figura 3. Valores de dominância (números do lado esquerdo) e análise de agrupamento dos vasos de cada pote *M. compressipes*, *M. crinita*, *M. fuliginosa*, *M. fuscopilosa*, *M. paraensis* e *M. seminigra* de acordo com a identidade dos espectros polínicos usando o “método de agrupamento” em função do Índice de Bray Curtis. Símbolos diferentes estão relacionados a espécies diferentes, e as cores estão associadas ao local de amostragem. Os potes do mesmo ninho foram representados pelos mesmos símbolos e cores.



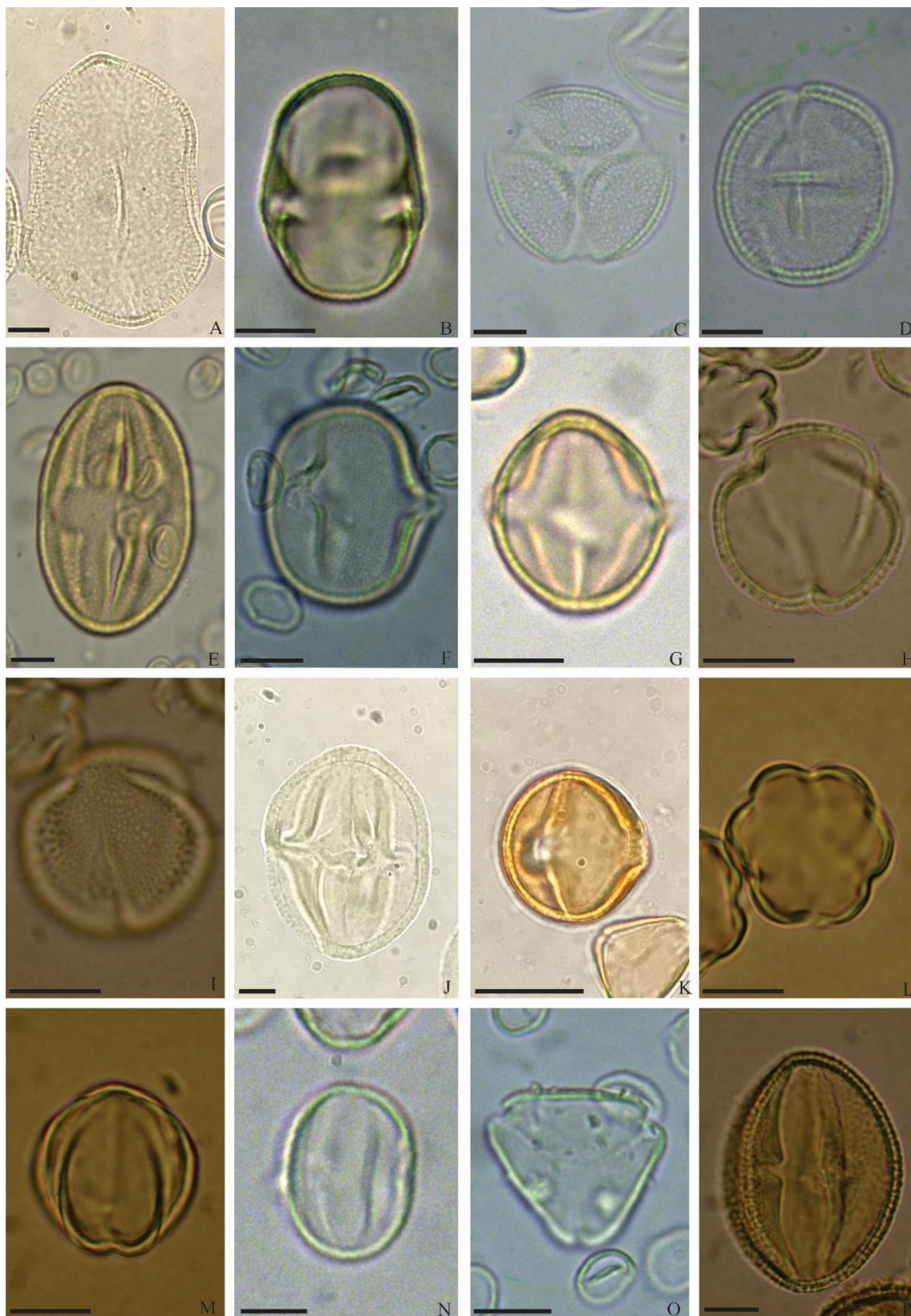


Figure 4. Photomicrografias dos principais tipos polínicos coletados por Melipona ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Arecaceae - *Maximiliana maripa* (A); Burseraceae - *Protium* tipo (B); Euphorbiaceae - *Mabea* tipo- (C,D); *Sapium* tipo (E); Fabaceae - *Aldina heterophylla* (F); *Swartzia* tipo (G); Hypericaceae - *Vismia* tipo (H,I); Lecythidaceae - *Eschweilera* tipo (J); Malpighiaceae - *Byrsonima* tipo (K); Melastomataceae - *Bellucia* tipo (L,M); *Miconia* tipo (N); Myrtaceae - *Eugenia* tipo (O); Salicaceae - *Ryania speciosa* (P). Barras de escala: 10  $\mu\text{m}$ .

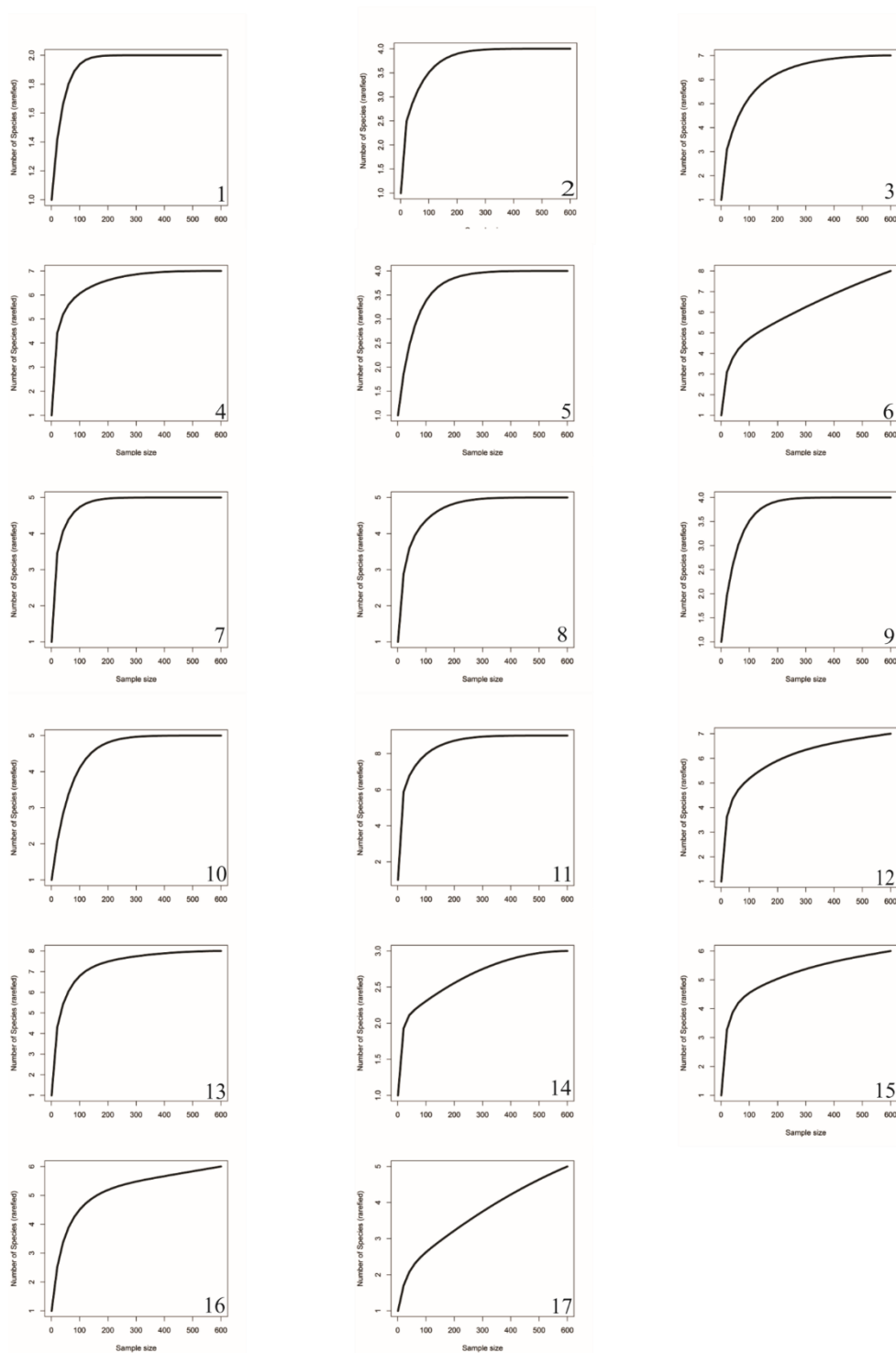


Figura 5: Curva de acumulação (rarefação) calculada para cada amostra contada (600 grãos) de pólen encontrada dentro dos ninhos de *M. compressipes* (1,2,3- Santa Helena; 4,5- Tabocal), *M. crinita* (6- Santa Helena), *M. fuliginosa* (7- Lago Caurés), *M. fuscopilosa* (8- Plano Margem direita), *M. paraensis* (9- Ilha do Pinto; 10- Lago Caurés; 11, 12- Nazaré; 13- Santa Isabel), *M. seminigra* (14,15- Foz do Paduarí; 16,17- Nazaré) ao longo do Rio Negro, Amazonas, Brasil. Os números representam as amostras analisadas.



38	Myristicaceae							x						
39	Ochnaceae								x			x		
40	Oxalidaceae								x					
41	Passifloraceae									x			x	
42	Peraceae										x			
43	Piperaceae												x	
44	Poaceae													x
45	Polygalaceae	x							x		x			x
46	Polygonaceae	x							x					
47	Polypodiaceae													x
48	Primulaceae									x				
49	Pontederiaceae									x				
50	Proteaceae													x
51	Rubiaceae	x		x					x	x	x		x	x
52	Rutaceae	x		x					x	x	x		x	x
53	Rhamnaceae												x	
54	Salicaceae													x
55	Sapindaceae	x												x
56	Sapotaceae													x
57	Solanaceae	x												x
58	Turneraceae*													
59	Verbenaceae	x												x
60	Urticaceae													x

Obs.: Famílias com símbolo (\*) segundo o APG IV deixaram de ser famílias e passaram a ser subfamílias.

## Referências

- Absy, M. L.; Bezerra, E. B.; Kerr, W. E. 1980. Plantas nectaríferas utilizadas por duas espécies de *Melipona* da Amazônia. *Acta Amazônica* 10 (2): 271-281p.
- Absy, M. L.; Camargo, J. M. F.; Kerr, W.E.; Miranda I.P.A. 1984. Espécies de plantas visitadas por Meliponinae (Hymenoptera: Apoidea), para coleta de pólen na região do médio Amazonas. *Ver. Brasil. Biol.*, 44 (2): 227-237p.
- Absy, M. L.; Kerr, W. E. 1977. Algumas plantas visitadas para obtenção de pólen por operárias de *Melipona seminigra merrillae* em Manaus. *Acta Amazônica*, 7:309–315p.
- Absy, M. L.; Rech, AR, Ferreira MG. 2018. Pollen Collected by Stingless Bees: A Contribution to Understanding Amazonian Biodiversity. In: Vit P, Pedro SRM, Rubik DW. (eds.), *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. 1st ed. Berlin: Springer. p. 30-46.
- Antonini, Y.; Costa, R. G.; Martins, R. P. 2006. Floral preferences of a neotropical stingless bee, *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (apidae: meliponina) in an urban forest fragment. *Braz. J. Biol.*, 66(2A): 463-471p.
- Barreto, L.; Castro, M.S. 2007. Conservação do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) e de seus polinizadores no contexto agroecológico para a agricultura familiar indígena Pankararé no semi-árido. *Cadernos de Agroecologia*. 2(2): 1580-1583p.
- Camargo, J. M. F.; Vit, P. 2013. Historical Biogeography of the Meliponini (Hymenoptera, Apidae, Apinae) of the Neotropical Region. p.19-34. In: Vit, P.; Pedro, S. R. M.; Roubik, D. (Eds). *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. Media New York. 627p.
- Carvalho, C.A.L.; Moreti, A.C.C.C.; Marchini, L.C.; Alves, R.M.O.; Oliveira, P.C.F. 2001. Pollen spectrum of “Urucu” bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811). *Revista Brasileira de Biologia* 61: 63-67p.
- Carvalho-Zilse, G.A. 2013. Produção de polinizadores para a agricultura na Amazônia. In: Noda, H.; Souza, L.A.G.; Silva Filho, D.F. (Ed.). *Pesquisas agronômicas para a agricultura sustentável na Amazônia Central*. Núcleo de Estudos Rurais e Urbanos Amazônico/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p. 19-26p.
- Ferreira, M. G.; Absy M. L. 2015. Pollen niche and trophic interactions between colonies of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) reared in floodplains in the Central Amazon. *Arthropod Plant Interactions* 9:263–279p.
- Ferreira, M. G.; Absy, M. L. 2017a. Pollen analysis of honeys of *Melipona (Michmelia) seminigra merrillae* and *Melipona (Melikerria) interrupta* (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil. *Grana* 56(6):1–14p.

- Ferreira, M. G.; Absy, M. L. 2017b. Pollen niche of *Melipona* (*Melikerria*) *interrupta* (Apidae: Meliponini) bred in a meliponary in a terra-firme forest in the central Amazon. *Palynology* 41:1–11p.
- Ferreira, M.G.; Absy, M.L. 2013. Pollen analysis of the post-emergence residue of *Melipona* (*Melikerria*) *interrupta* Latreille (Hymenoptera: Apidae) bred in the central Amazon region. *Acta botanica. Brasilica*, 27(4): 709-713p.
- Freitas, W. A. T.; Novais, J. S. 2014. Melissopalynology in the Brazilian Amazon: a databank of pollen types cited in the literature. *Boletín de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánica y Palinología*, n. 14, p. 103-136p.
- Imperatriz-Fonseca, V. L.; Nunes-Silva, P. 2010. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. *Biota Neotropical*, vol. 10, n.4. 105p.
- Kerr, W. E.; Carvalho, G. A.; Silva, A. C.; Assis, M. G. P. 2001. Aspectos Poucos Mencionados da Biodiversidade Amazônica. **Parcerias Estratégicas**. 12:20-41p.
- Kerr, W.E. 1986/87. Brazilian native bees (stingless bees) for pollination, the production of honey, pollen, wax and geopropolis. *Informe Agropecuário*, 13: 15-22p.
- Kirs, E.; Pall, R.; Martverk, K.; Laos, K. 2011. Physicochemical and melissopalynological characterization of Estonian summer honeys. In: International Congress on Engineering and Food (ICEF11). Québec. Elsevier B.V. p. 9. 30p.
- Kleinert, A. M. P.; Ramalho, M.; Cortopassi-Lurino, M.; Ribeiro, M. F; Imperatriz-Fonseca, V. L. 2009. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). In: Panizzi e Parra. Eds. Bioecologia e nutrição de insetos. Embrapa, 373-246p.
- Marques-Souza, A. C.; Miranda, I. P. A.; Moura, C. O.; Rabelo, A.; Barbosa, E. M. 2002. Características morfológicas e bioquímicas do pólen coletado por cinco espécies de meliponíneos da Amazônia Central. *Acta Amazônica* 32 (2):217–229p.
- Marques-Souza, A. C. 1996. Fontes de pólen exploradas por *Melipona compressipes manaosensis* (Apidae: Meliponinae) abelha da Amazônia central. *Acta Amazônica*, 26 (1/2) 77-86p.
- Marques-Souza, A. C.; Absy, M. L.; Kerr, W. E.; Aguilera-Peralta, F. J. 1995. Pólen coletado por duas espécies de Meliponíneos (Hymenoptera: Apidae) da Amazônia. *Revista Brasileira de Biologia* 55: 855-864p.
- Martins, A. C.; Rêgo, M. M. C.; Carreira, L. M. M.; Albuquerque, P. M. C. 2011. Espectro polínico de mel de tiúba (*Melipona fasciculata* Smith, 1854, Hymenoptera, Apidae). *Acta Amazônica*, vol. 41(2) 2011: 183 – 190p.

- Moure, J. S.; Urban, D.; Melo, G. A. R. (Orgs.). 2012. Catalogue of Bees Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version. Available at <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Accessed Jan/07/2020.
- Nogueira-Neto P. 1997. Vida e criação de abelhas indígenas sem-ferrão. Nogueirapis. São Paulo - São Paulo. 445p.
- Novais, J. N.; Absy, M. L.; Santos, F. A. R. 2013. Pollen grains in honeys produced by *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) (Hymenoptera: Apidae) in tropical semi-arid areas of north-eastern Brazil. *Arthropod-Plant Interactions*. Brasil v. 7, p. 619–632p. DOI 10.1007/s11829-013-9276-x.
- Oliveira, F.P.M.; Absy, M.L.; Miranda, I.S. 2009. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. *Acta Amazonica*, 39(3) 2009: 505 – 518p.
- Oliveira, F. F.; Richers, T. T; Silva, J. R.; Farias, R. C.; Matos, T.A. 2013. Guia ilustrado das abelhas “sem-ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Amazonas, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tefé: IDSM, 267p.
- Proní, E.A. 2000. Biodiversidade de abelhas indígenas sem ferrão (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae) na bacia do rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia. UNIPAR* 3(2): 145-150p.
- Ramalho, M.; Silva, M. D.; Carvalho, C. A. L. 2007. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): Uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology*, 36(1), 38-45p.
- Rech, A. R.; Absy, M. L. 2011a. Pollen storages in nests of bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 55: 361-372p.
- Rech, A. R.; Absy, M. L. 2011b. Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. *Grana*, 50: 150-161p.
- Rezende, A. C.C.; Absy, M.L.; Ferreira, M.G.; Marinho, H.A.; Santos, O. A. 2018. Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sataré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil. *Palynology*, 13p.
- Silveira, F. A.; Melo, G. A. R.; Almeida, E. A. B. 2002. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. Belo Horizonte. Min. Meio Ambiente/Fund. Araraucária. 253p.

Souza, D. L.; Evangelista-Rodrigues, A.; Pinto, M. S. C. 2007. As abelhas como agentes polinizadores. *Revista Eletrônica de veterinária*. v. 8, n. 3, 200708p. Disponível em: [www.veterinaria.org/revista/redvetn030307.html](http://www.veterinaria.org/revista/redvetn030307.html). Acesso em: 16 fev. 2017.

Souza, R. R.; Abreu, V. H. R.; Novais, J. S. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology*, 3: 12.

Venturieri, G.C. 2009. The impact of forest exploitation on Amazonian stingless bees (Apidae, Meliponini). *Genetics and Molecular Research*. 8(2): 684-689p.

Vossler, F.G.; Fagúndez, G.A.; Blettler, D.C. 2014. Variability of Food Stores of *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from the Argentine Chaco Based on Pollen Analysis. *Sociobiology*, 61(4): 449-460p.