

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA – PPG-ENT**

**INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS A UM GUARANAZAL  
(*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke), COM NOTAS SOBRE SUA  
POLINIZAÇÃO**

**MATHEUS MONTEFUSCO DE OLIVEIRA**

**MANAUS, AMAZONAS**

**FEVEREIRO, 2018**

Matheus Montefusco de Oliveira

**INSETOS VISITANTES FLORAIS ASSOCIADOS A UM GUARANAZAL  
(*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke), COM NOTAS SOBRE SUA  
POLINIZAÇÃO**

Orientador: Dr. Marcio Luiz de Oliveira (INPA/CBio)

Co-orientadora: Dra. Cristiane Krug (EMBRAPA-Amazônia Ocidental)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia – PPGEnt, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração Entomologia.

Manaus, Amazonas

FEVEREIRO, 2018

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Entomologia, do Programa de Pós-Graduação em Entomologia do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, pela comissão formada pelos doutores (as):

**Dr. Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro titular

**Dr<sup>a</sup>.Gislene Almeida Carvalho Zilse**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro titular

**Dr. Michael John Gilbert Hopkins**

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)

Membro titular

## FICHA CATALOGRÁFICA

O48 Oliveira, Matheus Montefusco de  
Insetos visitantes florais associados a um guaranazal (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke), com notas sobre sua polinização / Matheus Montefusco de Oliveira. - Manaus: [s.n.], 2018.  
xiv, 96 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - INPA, Manaus, 2018.  
Orientador : Marcio Luiz de Oliveira  
Coorientadora : Cristiane Krug  
Programa: Entomologia

1. Abelhas. 2. Guaraná. 3. Polinização. I. Título.

CDD 595.799

### **SINOPSE:**

Foi estudada uma comunidade de insetos visitantes florais e as plantas visitadas por estes em uma área associada ao cultivo do guaraná, assim como a biologia floral e reprodutiva de um cultivo de guaraná sobre manejo convencional.

**PALAVRAS-CHAVE:** Levantamento, visitantes florais, abelhas, guaraná, polinização, Amazônia.

*“Por pior que a vida pareça, sempre existe algo  
que você possa fazer e ser bem-sucedido.”*

*Stephen Hawking*

## AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia pela oportunidade concedida.

À EMBRAPA por todo apoio na logística ao longo meu mestrado, principalmente no deslocamento até os cultivos de guaraná.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

Agradeço ao Dr. Márcio L. de Oliveira pela confiança depositada em minha pessoa para a realização deste trabalho de mestrado e pela sua orientação nesses dois anos.

À Dra. Cristiane Krug, que gentilmente aceitou-me como co-orientado, pela oportunidade no desenvolvimento desse estudo, ajuda no campo e amizade ao longo do meu mestrado.

Em especial, à minha namorada Luciana Belmont, por todo apoio nessa jornada. Muito obrigado por ter me apoiado quando precisei, sendo fundamental nas horas difíceis.

Aos meus pais Cleonice Montefusco Paulino e Francisco Alves de Oliveira por todo carinho e orientação nessa jornada, sem o apoio deles não teria as oportunidades que tive. Eles foram fundamentais na minha formação e no desenvolvimento desse trabalho e sou eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

À Dra. Flávia Batista Gomes, por todo auxílio no campo, no delineamento e execução de testes laboratoriais.

À Me. Edileuza Carvalho por todo apoio, sempre incentivando-me com palavras de carinho e motivação.

Ao seu Amaral, ao se Alarico, ao seu Neca e alunos do laboratório e entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental pela ajuda em campo e na realização de minhas coletas.

À todo Laboratório de Hymenoptera, Alexandre (Gaúcho), Karine, Sian, Pedro, Breno e Davi por toda a contribuição ao meu trabalho. Estendo os meus agradecimentos ao Thiago Mahlmann por toda ajuda na identificação das abelhas e Daniel Fernandes na identificação de outros himenópteros.

Ao Dr. Gil Felipe Gonçalves Miranda que identificou praticamente todos os Diptera coletados neste estudo.

Ao seu José Ramos e Me. Mariana Rabello Mesquita que me auxiliaram na identificação e deposição das plantas coletadas neste estudo.

Ao Dr. Olaf Hermann Hendrik Mielke do Laboratório de Estudos de Lepidoptera Neotropicais, da Universidade Federal do Paraná, pela identificação dos Lepidoptera coletados.

E a todos que de alguma forma contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, em especial, para a turma de mestrado em Entomologia de 2016.

## RESUMO

Entre os agentes polinizadores, as abelhas se destacam por apresentar modificações morfológicas e comportamentais que permitem a polinização da maioria das espécies vegetais naturais e cultivadas como o guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke). O guaraná é uma cultura cuja antese inicia à noite e os polinizadores efetivos não estão totalmente definidos. Assim, neste trabalho foi estudada uma comunidade de insetos visitantes florais e as plantas utilizadas por estes em uma área associada ao cultivo de guaraná, bem como alguns aspectos da biologia floral contribuindo com informações para elucidar lacunas da polinização do guaraná. A coleta ativa dos insetos visitantes florais foi realizada mensalmente durante um ano, em um transecto de aproximadamente 3,5 Km no entorno de cultivos de guaraná. Os experimentos e testes de biologia floral, reprodutiva e eficiência dos polinizadores foram realizados em clones BRS- Maués na Embrapa Amazônia Ocidental. Foram amostrados um total de 3.269 insetos, coletados em 47 das 59 espécies de plantas férteis avaliadas ao longo do transecto. Os insetos visitantes florais coletados pertencem a 271 espécies distribuídas em 38 famílias de três ordens megadiversas: Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera. Foram coletadas 2.691 abelhas de 115 espécies, sendo Apidae a família mais abundante (92,6 %), seguido por Halictidae (5,7 %), Megachilidae (0,6 %) e Colletidae (1,1 %). *Spemacoce alata* conhecida popularmente por Erva-quente foi a espécie de planta mais utilizada pelas abelhas, sendo uma importante fonte de recurso para a comunidade de abelhas visitantes florais ao longo do ano. As flores de guaraná possuem glândulas produtoras de odor e guia de néctar. Os picos de receptividade estigmática e viabilidade polínica ocorrem por volta das nove horas, período de maior atividade dos visitantes diurnos do guaraná. O guaranazeiro depende totalmente de polinizadores, os frutos e sementes de maior qualidade e mais pesados foram formados a partir de polinizações realizadas por volta das cinco e nove horas. Este período corresponde ao pico de atividade das abelhas noturnas, *Megalopta* spp., e diurnas como *Melipona* spp. e *Apis mellifera scutellata*.

**PALAVRAS-CHAVE:** Levantamento, visitantes florais, abelhas, guaraná, polinização, Amazônia.

## ABSTRACT

Among the pollinating agents, such as bees stands out through present morphological and behavioral modifications being responsible for the pollination of the most natural and cultivated plant species such as guarana. It is a culture with nocturnal anthesis, but the real pollinators are not defined yet. In this work a community of insect floral visitors and the plants visited by them was studied in an area associated with guaraná cultivation, contributing with information to maintain the pollinators in the area of cultivation in a sustainable way and to elucidate gaps of the pollination of guaraná. The collection of floral visitors was carried out monthly for a year, between June 2016 and May 2017, in a transect of approximately 3.5 Km around guaraná crops. The experiments and tests of floral, reproductive biology and efficiency of the pollinators were carried out on BRS-Maués clones at Embrapa Amazônia Occidental. 3,269 insects were collected from 47 from 59 fertile plant species evaluated along the transect. The collected floral insects belong to 271 species distributed in 38 families of three megadiverse orders, Lepidoptera, Diptera, and Hymenoptera. A total of 2,691 bees were collected from 115 species, with Apidae being the most abundant family (92.6%), followed by Halictidae (5,7%), Megachilidae (0.6%) and Colletidae (1,1%). *Spemacoce alata* was the species of the plant most used by bees, is an important resource for the community of bees visitors floral over a year. The presence of nectar guides and odor producing glands in pistillate and staminate flowers were evaluated. The guaraná reproductive system was evaluated through hand cross-pollination, natural cross-pollination, and spontaneous self-pollination treatments as well as the efficiency of floral visitors. The period with greater stigmatic receptivity and pollen viability occurs around 9:00 am and period of greater activity of day visitors of guarana. Guaraná plant depends entirely on pollinators, the highest quality and heavier fruits and seeds were formed from pollinations carried out around 5:00 am and 09:00 am. This period corresponds to the greater activity of nocturnal bees, *Megalopta* spp., and diurnal as *Melipona* spp. and *Apis mellifera scutellata*.

**KEYWORDS:** Raising, floral visitors, bees, guaraná, pollination, Amazon.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	x
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE APÊNDICES</b> .....	xiv
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	4
2.1 Objetivos específicos.....	4
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	5
3.1 Caracterização da área de estudo.....	5
3.2 Coleta de dados .....	6
3.2.1 Coleta dos visitantes florais e plantas herbáceo-arbustivas .....	6
3.2.2 Experimentos de biologia floral e reprodutiva do guaraná .....	6
3.3 Identificação dos insetos visitantes florais e plantas.....	8
<b>CAPÍTULO 1</b> - Comunidade de insetos visitantes florais e diversidade de abelhas associadas ao cultivo do guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke) em Manaus, Amazonas, Brasil .....	9
<b>CAPÍTULO 2</b> - Biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke) em Manaus, Amazonas, Brasil. ....	50
<b>4. SÍNTESE</b> .....	75
<b>5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	76
<b>6. APÊNDICE</b> .....	80

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1.</b> Tabela 1. Espécies de Hymenoptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um guaranazal e vegetação adjacente situada na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. * Primeiro registro das espécies para o Brasil. ** Primeiro registro para o estado do Amazonas, Brasil. ....	16
<b>Tabela 2.</b> Espécies de Diptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um transecto associado a cultivos de guaraná, situado na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	24
<b>Tabela 3.</b> Espécies de Lepidoptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um transecto associado a cultivos de guaraná na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	27
<b>Tabela 4.</b> Famílias, espécies de plantas herbáceo-arbustivas e número total de abelhas visitantes florais (N) amostrados no entorno de um guaranazal na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	35

### CAPÍTULO 2

<b>Tabela 1.</b> Teste de eficiência de polinização dos visitantes florais em guaraná através da formação de frutos com uma e duas visitas (N = número de flores), realizadas na área de cultivos experimentais de guaraná nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29 Manaus, Amazonas, Brasil, entre o período setembro a dezembro de 2017. ....	69
--	----

## LISTA DE FIGURAS

### MATERIAL E MÉTODOS

**Figura 1.** Localização da área experimental de cultivos de guaraná, delimitada por um transecto (em amarelo) na borda da mata adjacente e plantio de clone BRS-Maués (linha vermelha), nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: programa Google, modificado de Google Earth. .... 6

**Figura 2.** Guaranazeiro em cultivo experimental nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. A- Clone BRS-Maués B- Fase de frutificação C- Inflorescência. Fonte: Montefusco, M. 2016. .... 7

### CAPÍTULO 1

**Figura 1.** Localização da área experimental de cultivo de guaraná, delimitada por um transecto (em amarelo) na borda da mata adjacente, situada na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: modificado de Google Earth. ....13

**Figura 2.** Precipitação total mensal e abundância de Hymenoptera visitantes florais, exceto abelhas, amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente, na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....24

**Figura 3.** Precipitação total mensal e abundância de Diptera amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 27

**Figura 4.** Precipitação total mensal e abundância de Lepidoptera amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 29

**Figura 5.** Riqueza e abundância de abelhas amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....30

**Figura 6.** Curva de acumulação e número estimado de espécies de abelhas utilizando os métodos não paramétricos, Chao 2, Jack-knife 1, Jack-knife 2 e Bootstrap, amostradas mensalmente de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 31

**Figura 7.** Índices de diversidade mensais das espécies amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017 em um guaranazal e vegetação adjacente, na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 32

**Figura 8.** Médias mensais de temperatura ambiente (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica total (mm). Durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, na estação Agrometeorológica da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 33

**Figura 9.** Precipitação total mensal e riqueza de abelhas amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 33

**Figura 10.** Riqueza e abundância de plantas herbáceo-arbustivas férteis amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, no entorno de um guaranazal e vegetação adjacente, adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 35

**Figura 11.** Rede de interação planta-abelha resultante de amostragem mensal em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, de junho de 2016 a maio de 2017. A coluna da esquerda representa as plantas herbáceo-arbustivas e a coluna da direita as abelhas. A espessura da linha de cada espécie representa a abundância e a espessura das linhas que conectam os dois grupos revela a força de interação quantitativa das conexões. .... 38

**Figura 12.** Riqueza de abelhas e abundância de plantas herbáceo-arbustivas férteis amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. .... 40

## CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Localização do plantio de clone BRS-Maués (demarcada em vermelha), na área de cultivos experimentais de guaraná nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: programa Google, modificado de Google Earth. ....54
- Figura 2.** Guaranazeiro em cultivo experimental nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. A- Clone BRS-Maués B- Fase de frutificação C- Inflorescência. Fonte: Montefusco, M. 2016. ....55
- Figura 3.** Total de frutos em formação e formados até maturação em cada horário avaliado ao longo do dia. ....61
- Figura 4.** Médias de germinação de grãos de pólen de guaraná avaliadas em diferentes horários ao longo do dia. .... 62
- Figura 5.** Volume de néctar de flores estaminadas e pistiladas de guaraná avaliado em diferentes horários ao longo do dia. .... 63
- Figura 6.** Concentração de solutos em néctar de flores estaminadas e pistiladas de guaraná avaliada em diferentes horários ao longo do dia. .... 64
- Figura 7.** Avaliação da presença de osmóforos em flores de guaraná: A- Flor estaminada; B Flor pistilada; C- Glândulas coradas; D- Região estigmática do pistilo corada com vermelho neutro. .... 65
- Figura 8.** Avaliação presença de guias de néctar em flores de guaraná: A- Flor estaminada; B- Flor pistilada; C e D- Pétalas com guia de néctar.....66
- Figura 9.** Quantidade de frutos maduros nas avaliações de polinização cruzada manual, polinização cruzada natural e autopolinização. .... 67
- Figura 10.** Peso médio de frutos coletados e sementes oriundos de flores polinizadas em cada horário. .... 67
- Figura 11.** Número de flores visitadas 1 e 2 vezes em teste de eficiência de visitantes florais diurnos/crepusculares e diurnos na polinização do guaranazeiro. .... 68

## LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Espécies de Hymenoptera, exceto abelhas, visitantes florais contabilizadas ao longo de dozes meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	80
APÊNDICE B - Espécies de Diptera visitantes florais contabilizadas ao longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	84
APÊNDICE C - Espécies de Lepidoptera visitantes florais contabilizadas ao longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	87
APÊNDICE D - Espécies de abelhas visitantes florais contabilizadas ao longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. ....	89

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) pertence à família Sapindaceae a qual é composta por 1900 espécies e 142 gêneros distribuídos entre quatro subfamílias (Harrington *et al.*, 2005, Thorne e Reveal, 2007, Buerki *et al.*, 2009, 2010). É uma família monofilética (Gadek *et al.*, 1996, Harrington *et al.*, 2005, Buerki *et al.*, 2010) e, predominantemente, distribuída nas regiões tropical e subtropical (Buerki *et al.*, 2010). Acredita-se que a espécie tenha sido domesticada há centenas de anos pelos índios, pelo fato de não ser mais encontrada em estado silvestre. Os botânicos creem que mesmo aquelas plantas achadas em floresta densa são originárias de cultivos indígenas no passado (Nascimento Filho *et al.*, 2001).

Existem algumas divergências quanto à origem do guaraná. De acordo com Carneiro (1931) *apud* Castro e Ferreira (1973), ele seria originário da América do Sul, ao longo dos rios Orinoco, Amazonas, Negro, Madeira e Tapajós. Para Pires (1949), é encontrado na Amazônia brasileira sob a forma cultivada ou subespontânea, na imensa flora equatorial, e sua presença, em certos locais, é indício de habitações de homens brancos ou indígenas. Segundo esse mesmo autor, o guaraná é encontrado dentro de uma área delimitada pelos Estados do Pará, Amazonas e Acre; parte da Venezuela, Bolívia, Colômbia; Loreto, no Peru; e a maior parte das Guianas, chegando até o Rio Pindaré, no Estado do Maranhão. Para Ducke (1937), o guaraná começou a ser cultivado na região do alto Orinoco e alto Rio Negro venezuelano para o baixo Rio Negro. Em Cavalcante (1967) o guaraná surgiu no município de Santarém-Pará, por ter sido encontrado “naturalmente” em uma mata virgem da região.

O único produtor de guaraná em grande escala é o Brasil, com exceção de alguns pequenos cultivos tradicionais na Amazônia venezuelana e peruana. No Brasil, a produção de guaraná começou no Estado do Amazonas (Castro, 1992), sendo posteriormente disseminada para os Estados do Pará, Acre e Rondônia, visando atender à demanda do xarope do guaraná pelas indústrias de refrigerantes gaseificados. Atualmente, o guaraná vem sendo cultivado também nos Estados do Mato Grosso e Bahia, sendo este último, juntamente com o Amazonas, os maiores produtores de sementes secas (Homma, 2014). Dessa forma, a produção de guaraná passou a ser uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais, principalmente na região Amazônica, onde se trata de uma atividade antiga e que envolve mão de obra familiar; fatores que evidenciam a importância desta cultura regionalmente (Tavares e Garcia, 2009).

O guaraná é espécie arbustivas de hábito escadente com sistema reprodutivo de dioicia temporal, uma estratégia reprodutiva de separação temporal na maturação das estruturas de produção de gametas masculinos e femininos, sendo comum na família Sapindaceae (Ruiz e Arroyo, 1978). Na reprodução do guaraná é necessária a presença de polinizadores para transferir o pólen das flores estaminadas para flores pistiladas (Schultz e Valois, 1974). O período de floração por indivíduo varia em média de 5 a 45 dias (Schultz e Valois, 1974). O período de abertura das flores é relativamente curto, durando das duas horas da manhã até o meio dia e a floração ocorre durante o período de menor precipitação (julho a setembro) na região Amazônica, aparentemente, sendo uma planta sensível ao hidroperiodismo (Escobar *et al.*, 1984).

Entender as relações plantas -polinizadores vem se tornando cada vez mais necessário frente ao declínio das populações de alguns polinizadores ou mesmo do iminente desaparecimento de outros (Biesmeijer *et al.*, 2006; Girão *et al.*, 2007; Becher *et al.*, 2013). De acordo com Potts *et al.* (2010), o declínio dos polinizadores é causado por diversos fatores, como a perda do habitat, patógenos, competição com espécies introduzidas, mudanças climáticas e uso inadequado de pesticidas. Em um contexto de culturas agrícolas, o declínio de polinizadores pode afetar de forma direta ou indireta a quantidade e a qualidade de alimentos produzidos (Gallai *et al.*, 2009). Portanto, é vital conhecer os polinizadores efetivos das culturas agrícolas, a fim de estabelecer estratégias amigáveis que contribuam para a permanência deles em áreas cultivadas.

A polinização é um importante processo ecossistêmico que contribui diretamente para a reprodução das plantas e manutenção dos ecossistemas (Torezan-Silingardi, 2012). O serviço de polinização é prestado por visitantes florais e polinizadores que transportam os grãos de pólen presentes nos estames para os pistilos, da mesma flor ou em diferentes flores, realizando conseqüentemente a reprodução dessas plantas. Esses vetores de pólen são fundamentais para o processo de polinização, pois aproximadamente 90% das plantas angiospermas dependem de agentes polinizadores para fecundação e formação dos frutos (Olletorn *et al.*, 2011). Cerca de 75% da alimentação humana depende ou é beneficiada pelo serviço ecossistêmico de polinização realizado por animais (Klein *et al.*, 2007). Entre os agentes polinizadores, as abelhas se destacam por apresentar modificações morfológicas e comportamentais (Rech e Westerkamp, 2014) sendo responsáveis pela polinização da maioria das espécies vegetais.

Apesar de sua importância, a riqueza e diversidade de espécies de abelhas nas regiões tropicais do Brasil, principalmente na Amazônia, permanecem essencialmente desconhecidas

(Pinheiro-Machado *et al.*, 2002; Silveira *et al.*, 2002) quando comparada aos Estados do Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, que apresentam maior nível de conhecimento sobre a fauna de abelhas (Sakagami *et al.*, 1967; Wittmann e Hoffman, 1990; Barbola e Laroca, 1993; Mouga e Krug, 2010). As informações sobre abelhas da região Amazônica são derivadas das coleções iniciais de Ducke (1906) e outros estudos sobre grupos específicos como Euglossinae (Oliveira e Campos, 1995) e Meliponinae (Camargo, 1970).

Conhecer a diversidade de visitantes florais, principalmente as abelhas, é fundamental para a realização de futuros trabalhos relacionados à polinização e estratégias para o uso de recursos biológicos de origem animal e vegetal, tanto em ambientes naturais, quanto em ambientes cultivados (Carvalho, 2004; Laroca, 1995). A polinização do guaraná tem sido atribuída a insetos, principalmente por abelhas, por vários autores (Schultz e Valois, 1974; Gondim, 1978; Escobar *et al.*, 1984; Ferreira, 2003; Krug *et al.*, 2014). Apesar da importância do guaraná, ainda não se sabe exatamente quais são os polinizadores efetivos desta cultura na região norte.

Portanto o presente estudo foi realizado a partir das seguintes perguntas: Como é composta a comunidade de visitantes florais de plantas férteis na borda de cultivos de guaraná? Quais os polinizadores são mais eficientes na polinização do guaraná? Para responder essas questões a dissertação foi dividida em dois capítulos: O primeiro capítulo trata da comunidade de insetos visitantes florais, caracterizando a comunidade de abelhas e as plantas com recursos florais utilizadas durante o período de um ano. O segundo capítulo procura elucidar lacunas da biologia floral e reprodutiva do guaraná, associando-as a eficiência dos reais polinizadores do guaraná.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Conhecer a comunidade de insetos visitantes florais e as plantas herbáceo-arbustivas visitadas por estes em uma área associada ao cultivo de guaraná.

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Caracterizar a comunidade de visitantes florais presentes no entorno de uma área de cultivo de guaranazeiro, estimando a composição, a riqueza e a diversidade da comunidade de abelhas.
- b) Caracterizar quantitativamente e qualitativamente a rede de interação da comunidade de abelhas visitantes florais de plantas herbáceo-arbustivas, no entorno de uma área de cultivo de guaraná.
- c) Identificar quais plantas adjacentes à área de cultivos experimentais de guaraná são importantes recursos para a comunidade de visitantes florais.
- d) Avaliar aspectos biologia floral e reprodutiva do guaraná associados à sua polinização.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Caracterização da área de estudo**

Este estudo foi realizado em uma área de cultivos experimentais de guaraná de manejo convencional da Embrapa Amazônia Ocidental. A área total possui aproximadamente 7,63 hectares e está localizada às margens da rodovia AM 010 (2°53'29.19" S/59°58'40.58" O), km 29, município de Manaus, Amazonas, Brasil (Figura 1). Na área estudada foi definido um transecto de aproximadamente 3,5 quilômetros de extensão nas bordas da mata adjacente e entre os cultivos (linha em amarelo). Neste transecto, todas as plantas herbáceo-arbustivas floridas foram avaliadas/observadas e todos os insetos visitantes florais foram coletados mensalmente durante maio de 2016 a junho de 2017.

Os experimentos e testes de biologia floral e reprodutiva foram realizadas um dos cultivos experimentais sob manejo convencional. Este cultivo é composto por clones oriundos de programa de melhoramento genético do guaraná, sendo implantado em 2003 com um total de 1593 plantas, as quais foram cultivadas em espaçamento de 5 m x 5 m. Nos experimentos foram utilizados apenas 92 plantas clone BRS-Maués mantidas neste cultivo (circuladas em vermelho na figura 1). O clima é considerado tropical úmido, tipo AM, com temperatura média anual de 26,5 °C (Köppen, 1936). O período chuvoso ocorre geralmente entre os meses de janeiro a junho, ocorrendo uma redução notória dos índices pluviométricos entre os meses de julho a setembro (Antonio, 2017).



Figura 1. Localização da área experimental de cultivos de guaraná, delimitada por um transecto (em amarelo) na borda da mata adjacente e plantio de clone BRS-Maués (linha vermelha), nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: programa Google, modificado de Google Earth.

### 3.2 Coleta de dados

#### 3.2.1 Coleta dos visitantes florais e plantas herbáceo-arbustivas

As coletas foram realizadas mensalmente (2 dias/mês), durante o período de junho de 2016 a maio de 2017 por dois coletores, em dois dias consecutivos, no primeiro dia das 11 h às 17 h e no segundo dia das 5 h às 11 h, totalizando 12 horas de coletas mensais e 144 horas de esforço amostral total. As plantas herbáceo-arbustivas avaliadas seguiam os seguintes critérios: deveriam possuir pelo menos três ramos com flores ou inflorescências, exigência mínima para a confecção de exsiccatas, e, não haver sido avaliadas em um intervalo de 30 minutos, para evitar que uma mesma população de plantas fosse avaliada continuamente. Durante o percurso do transecto, todas as plantas herbáceo-arbustivas que apresentavam flores e atendiam os critérios acima expostos, foram avaliadas/observadas por cinco minutos, sendo que nesse período, praticamente todos os visitantes florais presentes nas flores foram coletados com auxílio de rede entomológica. Posteriormente, esses insetos foram depositados em frasco mortífero com acetato de etila e armazenados em potes devidamente etiquetados com informações do inseto (s) e da planta visitada. Também foram coletadas três amostras das plantas visitadas pelos insetos para posterior confecção das exsiccatas e identificação.

#### 3.2.2. Experimentos de biologia floral e reprodutiva do guaraná

Os experimentos de biologia floral no cultivo de guaraná foram realizados nos períodos de floração dos anos de 2016 e 2017, que ocorreram entre os meses julho e setembro, período esse de menor precipitação nas proximidades do cultivo (Antonio 2017). Para a realização dos experimentos foram utilizados apenas os clones BRS-Maués desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento do Guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental (Figura 2). O clone BRS-Maués apresenta ampla adaptabilidade em diferentes vegetações e sistemas de cultivo, boa produtividade e elevada estabilidade fenotípica, sendo o clone mais indicado para o cultivo de guaraná (Nascimento Filho *et al.* 2009). A análise de biologia floral foi realizada através de testes de receptividade estigmática, viabilidade polínica, volume e concentração de néctar, presença de osmóforos e guia de néctar. Já a análise de biologia reprodutiva foi avaliada através de três tipos de sistema reprodutivos: polinização cruzada manual, polinização cruzada natural e autopolinização espontânea, ambas as análises foram melhor detalhadas no capítulo 2 deste trabalho.



Figura 2. Guaranazeiro em cultivo experimental nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. A- Clone BRS-Maués; B- Fase de frutificação; C- Inflorescência. Fonte: Montefusco, M. 2016

### **3.3 Identificação dos insetos visitantes florais e plantas**

As famílias das plantas herbáceo-arbustivas das quais se coletou os visitantes florais foram classificadas de acordo com Cronquist (1988) e foram identificadas no herbário do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), por José Ramos e Mariana Rabello Mesquita. As abelhas foram identificadas no Laboratório de Hymenoptera do INPA por Marcio Luiz de Oliveira, Thiago Mahlman Vitoriano Lopes Muniz e Davi Silva Nogueira, sendo adotada a classificação de Michener (2007). Os demais Hymenoptera foram identificados por Alexandre Somavilla, Daniell Fernandes, Karine Schoeninger, Predro Reck Bartholomay e Sian de Souza Gadelha, também do laboratório de Hymenoptera do INPA. Os Diptera foram identificados por Gil Felipe Gonçalves Miranda e os Lepidoptera pelo Dr. Olaf Hermann Hendrik Mielke do Laboratório de Estudos de Lepidoptera Neotropicais, da Universidade Federal do Paraná. Os espécimes de insetos estão depositados na coleção de Invertebrados e os exemplares de plantas no Herbário, ambas coleções registradas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

**COMUNIDADE DE INSETOS VISITANTES FLORAIS E DIVERSIDADE DE ABELHAS ASSOCIADAS AO CULTIVO DE GUARANÁ (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) EM MANAUS, AMAZONAS, BRASIL.**

*Manuscrito em preparação para Acta Amazônica*

## **Comunidade de insetos visitantes florais e diversidade de abelhas associadas ao cultivo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) em Manaus, Amazonas, Brasil**

M Montefusco<sup>1\*</sup>, ML Oliveira<sup>1</sup>, C Krug<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup> Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil.

\*Autor para correspondência: matheus.montefusco10@gmail.com

**RESUMO** - Entre os agentes polinizadores, as abelhas se destacam por apresentar modificações morfológicas e comportamentais, sendo responsáveis pela polinização da maioria das espécies vegetais. A comunidade de visitantes florais, com ênfase nas abelhas (Hymenoptera, Apoidea) foi estudada em relação aos aspectos de diversidade, abundância e sazonalidade. A coleta de visitantes florais foi realizada mensalmente durante um ano, entre junho de 2016 e maio de 2017, em um transecto de aproximadamente 3,5 Km. Foram amostrados um total de 3.269 insetos, coletados em 47 das 59 espécies de plantas férteis avaliadas ao longo do transecto. Os insetos visitantes florais coletados pertencem a 271 espécies distribuídas em 38 famílias de três ordens megadiversas, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera. Foram 2.691 abelhas de 115 espécies, sendo Apidae a família mais abundante (92,6 %), seguido por Halictidae (5,7 %), Megachilidae (0,6 %) e Colletidae (1,1 %). Foi registrado um grande número de espécies representadas por 1 ou 2 indivíduos e um número reduzido de espécies muito abundantes, sendo *Apis mellifera scutellata*, a espécie mais abundante. No entanto, espécies nativas tiveram um maior número de interações com as plantas avaliadas. *Spemacoce alata* foi a espécie de planta mais utilizada pelas abelhas, sendo uma importante fonte de recurso para a comunidade de abelhas visitantes florais ao longo do ano. A segunda espécie com o maior número de interações foi o guaraná, demonstrando que apesar do curto período de floração, é uma importante fonte de recurso para a comunidade de abelhas local.

**Palavras-chave:** levantamento, visitantes florais, abelhas, Amazônia.

**ABSTRACT** – Among the pollinating agents, bees stands out through present morphological and behavioral modifications being responsible for the pollination of most plant species. A community of floral visitors, with emphasis on bees (Hymenoptera, Apoidea) was studied in relation to diversity, abundance, and seasonality. The collection of floral visitors was done monthly for a year, between June 2016 and May 2017, in a transect of approximately 3.5 Km. A total of 3,269 insects were collected from 47 from 59 fertile plant species evaluated along the transect. The collected floral insects belong to 271 species distributed in 38 families of three megadiverse orders, Lepidoptera, Diptera, and Hymenoptera. A total of 2,691 bees were collected from 115 species, with Apidae being the most abundant family (92.6%), followed by Halictidae (5.7%), Megachilidae (0.6%) and Colletidae (1.1%). A large number of species were recorded, being represented by 1 or 2 individuals and a small number of very abundant species, as *Apis mellifera scutellata*, the most abundant species. However, native species had a greater number of interactions with the evaluated plants. *Spemacoce alata* was the species of plant most used by bees, being an important resource for community of flower-visiting bees throughout the year. The second species of plant with the greatest number of interactions was guarana, showing that despite the short flowering period it is an important resource source for a local bees community.

**Keywords** – survey, floral visitors, bees, Amazon.

## INTRODUÇÃO

A diversidade de espécies em ecossistemas tropicais é muito alta quando comparada com outras regiões do planeta (Wilson, 2012). Quase todas as espécies vegetais possuem flores (Angiospermas), representando a maioria das plantas atuais, com cerca de 230 mil espécies (Raven *et al.*, 2001). As angiospermas são dependentes de um importante serviço ambiental para seu sucesso reprodutivo, a polinização, onde agentes polinizadores são vetores de grãos de pólen (Schlindwein, 2000). As recompensas florais, principalmente pólen e néctar, associadas às características das flores como odor e guias de néctar, facilitam a localização das plantas (Dobson, 1987) e influenciam na estratégia de forrageamento dos visitantes florais (Faegri e Van der Pijl, 2013). Entretanto, somente as características florais não são suficientes para definir se um visitante que utiliza os recursos florais atua como um polinizador de uma determinada espécie vegetal (King *et al.*, 2013), sendo o comportamento do visitante um importante fator para determinar sua eficiência na polinização (Endress, 1996).

A polinização é realizada por diversos agentes, como insetos, vento, chuva e até mesmo a gravidade, mas as abelhas são os agentes polinizadores mais eficientes, sendo responsáveis pela polinização da maioria das espécies vegetais (Bawa *et al.*, 1985). Klein *et al.* (2007) estimaram que 75 % da alimentação humana depende de plantas beneficiadas de forma direta ou indireta pelos serviços ambientais prestados pelos polinizadores. As abelhas são essenciais para a manutenção das populações vegetais e preservação de ecossistemas (Ollerton *et al.*, 2011), garantindo a sobrevivência do próprio homem, pois são fundamentais para a produção de alimentos (Wiese, 1995; Rickertts *et al.*, 2008). O serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores está sendo cada vez mais reconhecido no mundo e vem sendo um dos principais temas em debate em função do declínio de determinadas espécies de abelhas nos últimos anos (Imperatriz-Fonseca e Nunes-Silva, 2010).

Conhecer a diversidade de visitantes florais, principalmente as abelhas, é fundamental para futuros trabalhos relacionados à polinização e estratégias para o uso de recursos biológicos de origem animal e vegetal, tanto em ambientes naturais, quanto em cultivados (Carvalho, 2004; Laroca, 1995; Waser e Ollerton, 2006). Levantamentos sistemáticos de grupos de polinizadores são fundamentais como estudos preliminares ou complementares para estabelecer relações entre o grau de especialização e generalização de grupos funcionais (Torezan-Silingardi, 2012). O primeiro estudo sistemático desse tipo no Brasil foi realizado por Sakagami *et al.* (1967) e é utilizado como referência de método de amostragem na coleta de abelhas nas flores com rede entomológica até os dias atuais. Posteriormente foram conduzidos vários estudos sobre a

diversidade de abelhas, sendo realizados mais de 70 levantamentos no Brasil até o ano de 2006 (Alves-dos-Santos, 2007).

Inventários sobre a fauna de abelhas já foram realizados em praticamente todos os ecossistemas brasileiros, mas ainda existe uma grande lacuna na sobre a diversidade de abelhas na Amazônia (Pinheiro-Machado *et al.*, 2002). De uma maneira geral, é comum a realização de estudos com grupos específicos, e não o conjunto das interações na comunidade, como, por exemplo, plantas visitadas por beija-flores (Buzato *et al.*, 2000), por abelhas que coletam óleo (Bezerra *et al.*, 2009) ou por moscas, principalmente Syrphidae (Oliveira *et al.*, 2004). Estes estudos são mais críticos para as florestas tropicais hiperdiversas, como a Amazônia, onde a diversidade de abelhas permanece essencialmente desconhecida (Silveira *et al.*, 2002). Também, é difícil comparar as comunidades de abelhas com diferentes esforços e/ou protocolos amostrais entre regiões do Brasil.

Em um contexto agrícola na Amazônia, é vital conhecer os polinizadores efetivos das culturas agrícolas expressivas para entender os fatores que contribuem para a permanência dos polinizadores em áreas cultivadas e conseqüentemente à produtividade agrícola. O guaraná é uma cultura expressiva no Estado do Amazonas, sendo uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais, envolvendo principalmente mão de obra familiar (Tavares e Garcia, 2009). A polinização desta cultura tem sido atribuída a insetos, principalmente a abelhas visitantes diurnas (Schultz e Valois, 1974; Gondim, 1978; Escobar *et al.*, 1984; Ferreira, 2003). Entretanto, abelhas visitantes crepusculares também têm sido vistas visitando essa cultura (Krug *et al.*, 2014), colocando em dúvida quais seriam de fato seus polinizadores efetivos. Assim, somente por meio de um estudo mais amplo da comunidade de insetos associada à essa cultura, será possível fornecer informações de subsídio para o estabelecimento de estratégias amigáveis de manejo. Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivo conhecer a comunidade de insetos visitantes florais e as plantas herbáceo-arbustivas visitadas por estes em uma área associada ao cultivo de guaraná. Para tanto, foi necessário (1) caracterizar a comunidade de visitantes florais presentes no guaranazal e na vegetação no seu entorno, estimando a composição, riqueza e diversidade das abelhas; (2) caracterizar quantitativamente e qualitativamente a rede de interação da comunidade de abelhas e plantas herbáceo-arbustivas no entorno do guaranazal; (3) conhecer quais são as plantas herbáceo-arbustivas utilizadas pelos visitantes florais na área adjacente ao guaranazal, durante o período de um ano.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Este estudo foi realizado em uma área de cultivos experimentais de guaraná de manejo convencional da Embrapa Amazônia Ocidental. A área total possui aproximadamente 7,63 hectares e está localizada às margens da rodovia AM 010 ( $2^{\circ}53'29.19''$  S/ $59^{\circ}58'40.58''$  O), km 29, município de Manaus, Amazonas, Brasil (Figura 1). Na área estudada foi definido um transecto de aproximadamente 3,5 quilômetros de extensão nas bordas da mata adjacente e entre os cultivos (linha em amarelo). Neste transecto, todas as plantas herbáceo-arbustivas floridas foram avaliadas/observadas e todos os insetos visitantes florais foram coletados mensalmente durante maio de 2016 a junho de 2017. O clima é considerado tropical úmido, tipo AM, com temperatura média anual de  $26,5^{\circ}\text{C}$  (Köppen, 1936). O período chuvoso ocorre geralmente entre os meses de janeiro a junho, ocorrendo uma redução notória dos índices pluviométricos entre os meses de julho a setembro (Antonio, 2017).

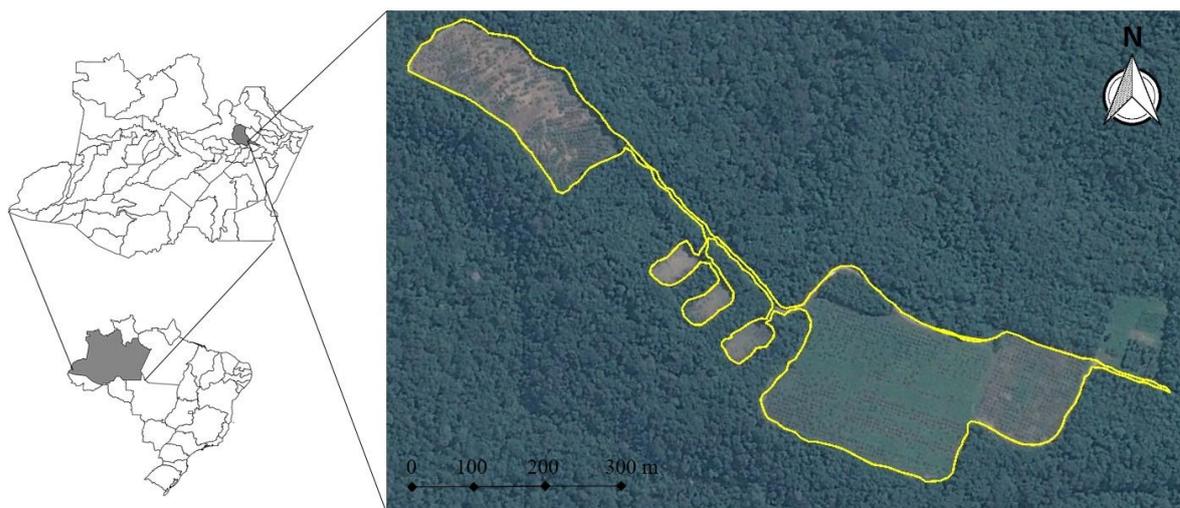


Figura 1. Localização da área experimental de cultivo de guaraná, delimitada por um transecto (em amarelo) na borda da mata adjacente, situada na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: modificado de Google Earth.

### Coleta de dados

#### Coleta dos visitantes florais e plantas herbáceo-arbustivas

As coletas foram realizadas mensalmente, durante o período de junho de 2016 a maio de 2017 por dois coletores, em dois dias consecutivos, no primeiro dia das 11 h às 17 h e no segundo dia das 5 h às 11 h, totalizando 12 horas de coletas mensais e 144 horas de esforço amostral total. As plantas herbáceo-arbustivas avaliadas seguiam os seguintes critérios: deveriam possuir pelo menos três ramos com flores ou inflorescências, exigência mínima para a confecção de exsicatas, e, não haver sido avaliadas em um intervalo de 30 minutos, para evitar que uma mesma população de plantas fosse avaliada continuamente. Durante o percurso do transecto, todas as plantas que apresentavam flores e atendiam os critérios acima expostos, foram avaliadas/observadas por cinco minutos, sendo que nesse período, todos os visitantes florais presentes nas flores foram coletados com auxílio de rede entomológica. Posteriormente, esses insetos foram depositados em frasco mortífero com acetato de etila e armazenados em potes devidamente etiquetados com informações do inseto (s) e da planta visitada. Também foram coletadas três amostras das plantas visitadas pelos insetos para posterior confecção das exsicatas e identificação.

### **Identificação dos insetos visitantes florais e plantas herbáceo-arbustivas**

As famílias das plantas herbáceo-arbustivas das quais se coletarou os visitantes florais foram classificadas de acordo com Cronquist (1988) e foram identificadas no herbário do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), por José Ramos e Mariana Rabello Mesquita. As abelhas foram identificadas no Laboratório de Hymenoptera do INPA por Marcio Luiz de Oliveira, Thiago Mahlman Vitoriano Lopes Muniz e Davi Silva Nogueira, sendo adotada a classificação de Michener (2007). Os demais Hymenoptera foram identificados por Alexandre Somavilla, Daniell Fernandes, Karine Schoeninger, Predro Reck Bartholomay e Sian de Souza Gadelha, também do laboratório de Hymenoptera do INPA. Os Diptera foram identificados por Gil Felipe Gonçalves Miranda e os Lepidoptera pelo Dr. Olaf Hermann Hendrik Mielke do Laboratório de Estudos de Lepidoptera Neotropicais, da Universidade Federal do Paraná. Os espécimes de insetos estão depositados na coleção de Invertebrados e os exemplares de plantas herbáceo-arbustivas no Herbário, ambas coleções registradas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

### **Dados meteorológicos**

As médias diárias e mensais de umidade relativa (%), temperatura ambiente (°C) e o total acumulado de precipitação pluviométrica foram obtidos por meio da estação

Agrometeorológica da Embrapa Amazônia Ocidental, localizada aproximadamente 350 m da área de estudo. Os dados meteorológicos são referentes a período de coletas realizadas durante junho de 2016 até maio de 2017. O período chuvoso ocorre geralmente entre os meses de janeiro a junho, ocorrendo uma redução notória dos índices pluviométricos entre os meses de julho a setembro (Antonio, 2017).

## **Análise dos dados**

### **Comunidade de visitantes florais**

A comunidade de visitantes florais associada com a vegetação adjacente ao cultivo de guaraná foi caracterizada quantitativamente e qualitativamente pelo número de famílias, gêneros, espécies e quantidade de indivíduos. Devido à importância como polinizadores e expressividade, a comunidade de abelhas visitantes florais foi o grupo-alvo deste trabalho. Portanto, a comunidade de abelhas visitantes florais foi caracterizada pelo número de famílias, gêneros, espécies e quantidade de indivíduos, sendo comparadas com as médias mensais de umidade relativa (%), temperatura (°C) e da precipitação pluviométrica (mm). A curva de acumulação de espécies, curva do coletor, foi calculada através da quantidade de espécies novas que ingressam na amostra a cada mês de coleta. Para estimativa de riqueza, foram utilizados os seguintes estimadores: Chao de segunda ordem (Chao 2), Jackknife de primeira e segunda ordem (Jack 1 e Jack 2) e Bootstrap, calculados com os softwares Estimate S, versão 9.1 (Colwell, 2012). Para estimar a diversidade na comunidade, foram utilizados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H), que atribui peso maior as espécies raras, e Simpson (D), que atribui peso maior às espécies comuns. Ambos os índices de diversidade foram calculados utilizando o programa PAST (PAleontological STatistics) versão 3.14 (Hammer *et al.*, 2001).

### **Análise da rede de interação**

A rede de interações das abelhas e plantas herbáceo-arbustivas visitadas foi caracterizada quantitativamente e qualitativamente por meio de matrizes de interação construídas com as espécies de plantas e abelhas. As linhas das matrizes representam as espécies de plantas (recursos) e as colunas representam as espécies de abelhas (consumidores). A matriz de interação quantitativa entre determinada abelha e planta, refere-se ao número de indivíduos que visitaram determinada planta. No caso da matriz qualitativa apenas a presença (1) e ausência (0) da interação é anotada. Foi utilizado o programa R (TeamCor- R, 2017) para

plotar um gráfico bipartido e calcular a conectância da estrutura de interações com o auxílio dos pacotes Bipartite (Dormann *et al.*, 2009), Igraph (Csardi e Nepusz, 2006) e Network (Butts, 2015).

## RESULTADOS

### Visitantes florais

Foram amostrados um total de 3269 insetos, coletados em 47 espécies das 59 espécies de plantas herbáceo-arbustivas férteis registradas ao longo do transecto. Os insetos visitantes florais coletados pertencem a 271 espécies, distribuídas em 38 famílias de três ordens megadiversas, Lepidoptera, Diptera e Hymenoptera, que estão discriminadas a seguir:

### Hymenoptera

Os Hymenoptera se destacaram pela maior quantidade de espécies e indivíduos coletados, com 2.900 indivíduos distribuídos em 19 famílias, 194 espécies (Tabela 1). As abelhas, foram o grupo mais rico e abundante, representando cerca de 85,9% dos Hymenoptera visitantes florais coletados. Em relação aos demais Hymenoptera, foram coletadas representantes de 15 famílias, um total de 209 indivíduos distribuídos em 79 espécies, sendo Vespidae a família com o maior número de espécies e indivíduos, um total de 22 e 79 respectivamente. A maior abundância ocorreu entre os meses de setembro a dezembro (Apêndice A), meses que correspondem ao período de menor precipitação pluviométrica durante o período avaliado (Figura 2).

Tabela 1. Espécies de Hymenoptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um guaranazal e vegetação adjacente situada na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas. \* Primeiro registro das espécies para o Brasil. \*\* Primeiro registro para o estado do Amazonas, Brasil.

<b>Hymenoptera</b>		
<b>Família/Subfamília/ Tribo (Nº de espécies)</b>	<b>Espécies</b>	<b>Nº de indivíduos</b>
<b>1. Argidae (1)</b>		
Sterictiphorinae	Sterictiphorinae sp. 1	1
<b>2. Braconidae (4)</b>		

Agathidinae	<i>Alabagrus</i> sp. 1	11
	<i>Alabagrus</i> sp. 2	1
	<i>Trachagathis</i> sp. 1	1
Microgastrinae	Microgastrinae sp. 1	1
<b>3. Ichneumonidae (4)</b>		
Cryptinae	<i>Acerastes</i> sp. 1	2
Cremastinae	<i>Eiphosoma</i> sp. 1	1
	<i>Glodianus</i> sp. 1	1
Campopleginae	<i>Venturia</i> sp. 1	1
<b>4. Chrysididae (1)</b>		
Chrysidinae		
Chrysidini	<i>Caenochrysis</i> sp. 1	1
<b>5. Sphecidae (4)</b>		
Sphecinae		
Sphecini	<i>Isodontia</i> sp. 1	4
	<i>Sphex</i> sp. 1	5
	<i>Sphex</i> sp. 2	1
	<i>Sphex</i> sp. 3	1
<b>6. Crabronidae (14)</b>		
Bembecinae		
Bembecini	<i>Bicyrtes</i> sp. 1	1
	<i>Selman</i> sp. 1	1
Gorytini	<i>Harpactus</i> sp. 1	4
Philanthinae		
Cercerini	<i>Cerceris</i> sp. 1	1
	<i>Cerceris</i> sp. 2	3
	<i>Cerceris</i> sp. 3	5
	<i>Cerceris</i> sp. 4	1
	<i>Cerceris</i> sp. 5	2
	<i>Cerceris</i> sp. 6	13
Crabroninae		
Crabronini	<i>Ectemnius</i> sp.1	1
Larrini	<i>Liris</i> sp. 1	2

	<i>Tachytes</i> sp. 1	1
	<i>Tachytes</i> sp. 2	1
	Crabronidae sp. 1	1
<b>7. Colletidae (3)</b>		
Diphaglossini	<i>Ptiloglossa</i> sp. 1	1
Hylaeini	*	11
	<i>Hylaeus</i> sp. 2	18
<b>8. Halictidae (17)</b>		
Augochlorini	<i>Augochlora</i> sp. 1	53
	<i>Augochlora</i> sp. 2	7
	<i>Augochlora</i> sp. 3	7
	<i>Augochlora</i> sp. 4	3
	<i>Augochloropis</i> sp. 1	7
	<i>Augochloropis</i> sp. 2	31
	<i>Augochloropis</i> sp. 3	11
	<i>Augochloropis</i> sp. 4	1
	<i>Augochloropis</i> sp. 5	1
	<i>Megalopta</i> sp. 1	5
	<i>Megalopta</i> sp. 2	6
	<i>Megalopta</i> sp. 3	1
	<i>Megaloptidia</i> sp. 1	2
	<i>Pereirapis</i> sp. 1	2
	<i>Pseudaugochlora</i> sp. 1	1
Halictini	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 1	13
	<i>Lasioglossum (Dialictus)</i> sp. 2	1
<b>9. Megachilidae (7)</b>		
Anthidiini	<i>Anthodioctes (Anthodioctes) santosi</i> Urban, 1999**	1
	<i>Hoplostelis (Rhynostelis) multiplicata</i> (Smith, 1879)	1
Megachilini	<i>Coelioxys</i> sp. 1	1
	<i>Megachile (Pseudocentron) curvipes</i> Smith, 1853	2
	<i>Megachile</i> sp. 1	3
	<i>Megachile</i> sp. 2	1

	<i>Megachile</i> sp. 3	8
<b>10. Apidae (88)</b>		
Apini	<i>Apis mellifera scutellata</i> Linnaeus, 1758	571
Centridini	<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	1
	<i>Centris (Hoplepicharis)</i> aff. <i>fasciata</i> , Lepeletier e Serville, 1828	1
Ericrocidini	<i>Mesoplia</i> sp. 1	1
Eucerini	<i>Florilegus (Eufleurilegus) festivus</i> (Smith, 1854)	1
Euglossini	<i>Euglossa (Glossura)</i> sp. 1	5
	<i>Euglossa (Glossura) ignita</i> Smith, 1874	1
	<i>Euglossa (Glossuropoda) intersecta</i> Latreille, 1817	1
	<i>Euglossa</i> sp. 1	2
	<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789)	1
	<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)	3
	<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)	4
	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853	47
Exomalopsini	<i>Exomalopsis</i> sp. 1	2
	<i>Exomalopsis</i> sp. 2	1
	<i>Exomalopsis</i> sp. 3	31
	<i>Exomalopsis</i> sp. 4	1
Meliponini	<i>Aparatrigona impunctata</i> (Ducke, 1916)	114
	<i>Cephalotrigona</i> sp. 1	1
	<i>Cephalotrigona femorata</i> (Smith, 1854)	5
	<i>Frieseomelitta portoi</i> (Friese, 1900)	2
	<i>Frieseomelitta</i> sp. 1	2
	<i>Frieseomelitta trichocerata</i> Moure, 1990	52
	<i>Frieseomelitta flavicornis</i> (Fabricius, 1798)	61
	<i>Geotrigona subnigra</i> (Schwarz, 1940)	18
	<i>Leurotrigona pusilla</i> Moure e Camargo, 1988	2
	<i>Melipona (Eomelipona) amazonica</i> Schulz, 1905	3
	<i>Melipona (Michmelia) captiosa</i> Moure, 1962	1
	<i>Melipona (Michmelia) fulva</i> Lepeletier, 1836	58

<i>Melipona (Eomelipona) puncticollis</i> Friese, 1902	5
<i>Melipona (Michmelia) seminigra seminigra</i> Friese, 1903	5
<i>Melipona (Michmelia) seminigra merrillae</i> Cockerell, 1919	22
<i>Nannotrigona melanocera</i> (Schwarz, 1938)	90
<i>Nannotrigona</i> sp. 1	11
<i>Nogueirapis minor</i> (Moure e Camargo, 1982)	2
<i>Paratrigona euxanthospila</i> Camargo e Moure, 1994	4
<i>Paratrigona melanaspis</i> Camargo e Moure, 1994	11
<i>Paratrigona pannosa</i> Moure, 1989	34
<i>Paratrigona</i> sp. 1	1
<i>Partamona auripennis</i> Pedro e Camargo, 2003	12
<i>Partamona mourei</i> Camargo, 1980	3
<i>Partamona vicina</i> Camargo, 1980	18
<i>Plebeia</i> sp. 1	3
<i>Plebeia</i> sp. 2	1
<i>Ptilotrigona lurida</i> (Smith, 1854)	347
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)	4
<i>Scaptotrigona</i> sp.	1
<i>Scaura</i> sp.	43
<i>Scaura latitarsis</i> (Friese, 1900)	4
<i>Scaura longula</i> (Lepeletier, 1836)	1
<i>Tetragona dorsalis</i> (Smith, 1854)	9
<i>Tetragona essequiboensis</i> (Schwarz, 1940)	1
<i>Tetragona goettei</i> (Friese, 1900)	13
<i>Tetragona handlirschii</i> (Friese, 1900)	16
<i>Tetragona kaieteurensis</i> (Schwarz, 1938)	25
<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	53
<i>Trigona branneri</i> Cockerell, 1912	79
<i>Trigona cilipes</i> (Fabricius, 1804)	77
<i>Trigona guianae</i> Cockerell, 1910	202
<i>Trigona</i> gr. <i>fuscipennis</i> Friese, 1900	34

	<i>Trigona hypogea</i> Silvestri, 1902	76
	<i>Trigona williana</i> Friese, 1900	17
	<i>Trigonisca dobzhanskyi</i> (Moure, 1950)	1
	<i>Trigonisca vitrifrons</i> Albuquerque e Camargo, 2007	1
Nomadini	<i>Nomada</i> sp. 1	5
Osirini	<i>Osiris</i> sp. 1	1
	<i>Osiris</i> sp. 2	5
Tapinotaspidini	<i>Tropidopedia duckeana</i> Aguiar e Melo, 2007	4
	<i>Tropidopedia eliasi</i> Aguiar e Melo, 2007 **	11
	<i>Tropidopedia pallidipennis</i> (Friese, 1899) **	1
	<i>Paratetrapedia connexa</i> (Vachal, 1909)	8
	<i>Paratetrapedia</i> ( <i>Paratetrapedia</i> ) sp. 1	7
	<i>Paratetrapedia basilaris</i> Aguiar e Melo, 2011	36
	<i>Paratetrapedia</i> sp. 1	63
	<i>Paratetrapedia</i> sp. 2	38
	<i>Paratetrapedia</i> sp. 3	8
Xylocopini	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 1	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Ceratinula</i> ) sp. 2	9
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 1	10
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 2	27
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 3	5
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 4	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 5	1
	<i>Ceratina</i> ( <i>Crewella</i> ) sp. 6	18
	<i>Xylocopa</i> ( <i>Schonnherria</i> ) sp. 1	1
	<i>Xylocopa</i> ( <i>Neoxylocopa</i> ) <i>frontalis</i> (Olivier, 1789)	1
	<i>Xylocopa</i> ( <i>Neoxylocopa</i> ) <i>similis</i> Smith, 1874	2
	<i>Xylocopa</i> ( <i>Neoxylocopa</i> ) <i>tegulata</i> Friese, 1911	10
<b>11. Pompilidae (7)</b>		
Pompilinae	<i>Anoplius</i> sp. 1	2
	<i>Anoplius</i> sp. 2	2
	<i>Poecilopompilus</i> sp. 1	7
Pepsinae	<i>Auplopus</i> sp. 1	1

	<i>Pepsis</i> sp. 1	1
	<i>Pepsis</i> sp. 2	1
	<i>Pepsis</i> sp. 3	1
<b>12. Tiphidae (1)</b>		
	Tiphidae sp. 1	1
<b>13. Vespidae (22)</b>		
Eumeninae	<i>Brachygastra bilineolata</i> Spinola, 1841	2
	<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1804)	1
	<i>Brachygastra</i> sp. 1	1
	<i>Charterginus</i> sp.1	1
	<i>Omicron</i> sp. 1	15
	<i>Pachodynerus</i> sp. 1	6
	<i>Zethus</i> sp. 1	5
Polistinae	<i>Agelaia pallipes</i> (Olivier, 1792)	1
	<i>Mischocyttarus</i> sp.1	2
	<i>Polistes geminatus</i> Fox, 1898	3
	<i>Polybia dimidiata</i> (Olivier, 1791)	1
	<i>Polybia jurinei</i> de Saussure, 1854	1
	<i>Polybia liliacea</i> Fabricius, 1804	4
	<i>Polybia occidentalis</i> Olivier, 1791	6
	<i>Polybia rejecta</i> (Fabricius, 1798)	12
	<i>Polybia sericea</i> Olivier, 1792	5
	<i>Polybia singularis</i> Ducke, 1909	1
	<i>Polybia</i> sp. 1	4
	<i>Polybia</i> sp. 2	1
	<i>Protopolybia chartergoides</i> Gribodo, 1891	3
	<i>Synoeca surinama</i> (Linnaeus, 1767)	1
	<i>Synoeca virginea</i> Fabricius, 1804	3
<b>14. Chalcididae (11)</b>		
	Chalcididae sp. 1	1
	Chalcididae sp. 2	1
	Chalcididae sp. 3	1
	Chalcididae sp. 4	1

	Chalcididae sp. 5	4
	Chalcididae sp. 6	3
	Chalcididae sp. 7	2
	Chalcididae sp. 8	1
	Chalcididae sp. 9	1
Chalcidinae	<i>Conura</i> sp. 1	7
	<i>Conura</i> sp. 2	1
<b>15. Eucharitidae (2)</b>		
Eucharitinae	<i>Pseudochalcura</i> sp. 1	2
	<i>Thoracantha striata</i> Perty, 1833	1
<b>16. Leucospidae (2)</b>		
	<i>Leucospis</i> sp. 1	2
	<i>Leucospis</i> sp. 2	1
<b>17. Pteromalidae (2)</b>		
	Pteromalidae sp. 1	3
	Pteromalidae sp. 2	1
<b>18. Perilampidae (3)</b>		
Chrysolampinae	<i>Perilampus</i> sp. 1	7
	<i>Perilampus</i> sp. 2	2
	<i>Perilampus</i> sp. 3	1
<b>19. Evaniidae (1)</b>		
	<i>Hyptia</i> sp. 1	2
<b>Total</b>	<b>194</b>	<b>2900</b>

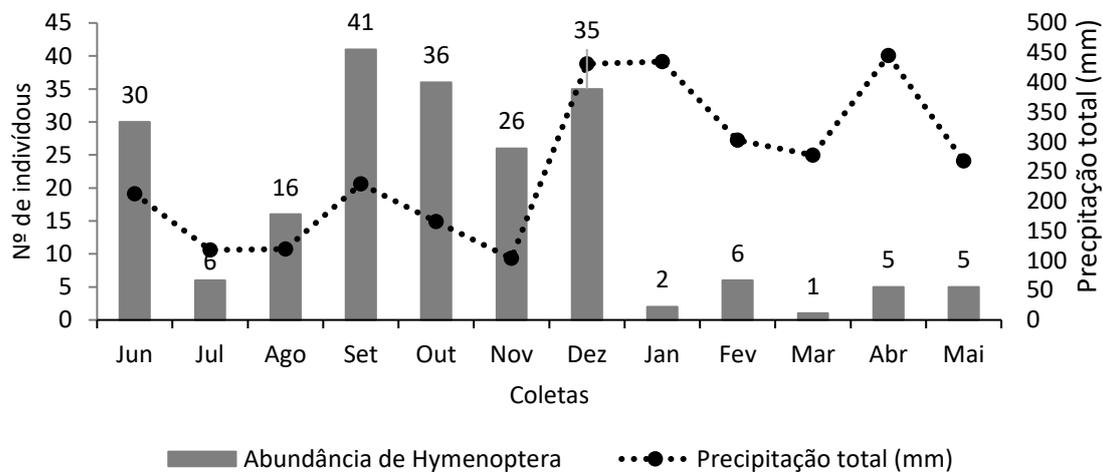


Figura 2. Precipitação total mensal e abundância de Hymenoptera visitantes florais, exceto abelhas, amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente, na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

## Diptera

A segunda ordem mais diversa foi Diptera, com um total de 241 espécimes de 46 espécies representantes de 13 famílias. Entre elas, Syrphidae foi a mais rica e abundante com 12 espécies e 182 indivíduos (76,3%). A espécie mais abundante foi *Palpada vinetorum* com 95 indivíduos, seguida por *Ornidia obesa*, *Toxomorbus dispar* e *T. floralis* com 27, 22 e 15 indivíduos, respectivamente. Muitas espécies tiveram poucos indivíduos coletados, em 25 apenas 1 indivíduo e 8 apenas 2, que somadas representam 73,3% das espécies coletadas (Tabela 2). Em relação à sazonalidade, foi possível observar uma maior atividade no período de agosto a dezembro, com pico de atividade no mês de outubro de 2017 (Apêndice B), período que corresponde a menor precipitação pluviométrica durante as avaliações (Figura 3).

Tabela 2. Espécies de Diptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um transecto associado a cultivos de guaraná, situado na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Diptera

Família/Subfamília	Espécies	Nº de indivíduos
(Nº de espécies)		
<b>1. Asilidae (1)</b>		
Laphriinae	<i>Pilica rufipennis</i> (Wiedemann, 1828)	1
<b>2. Bombyllidae (2)</b>		

	Bombyllidae sp. 1	5
	Bombyllidae sp. 2	1
<b>3. Calliphoridae (2)</b>		
	Calliphoridae sp. 1	4
	Calliphoridae sp. 2	1
<b>4. Milichiitidae (3)</b>		
	Milichiitidae sp. 1	1
	Milichiitidae sp. 2	1
Milichiinae	<i>Milichiella</i> sp. 1	1
<b>5. Chloropidae (1)</b>		
	Chloropidae sp. 1	1
<b>6. Conopidae (3)</b>		
	Conopidae sp. 1	1
	Conopidae sp. 2	1
	Conopidae sp. 3	1
<b>7. Drosophilidae (2)</b>		
	Drosophilidae sp. 1	1
	Drosophilidae sp. 2	1
<b>8. Lauxaniidae (2)</b>		
	Lauxaniidae sp. 1	3
	Lauxaniidae sp. 2	2
<b>9. Sarcophagidae (10)</b>		
	Sarcophagidae sp. 1	2
	Sarcophagidae sp. 2	6
	Sarcophagidae sp. 3	1
	Sarcophagidae sp. 4	1
	Sarcophagidae sp. 5	1
	Sarcophagidae sp. 6	2
	Sarcophagidae sp. 7	2
	Sarcophagidae sp. 8	1
	Sarcophagidae sp. 9	1
	Sarcophagidae sp. 10	1
<b>10. Stratiomyidae (1)</b>		

	Stratiomyidae sp. 1	1
<b>11. Syrphidae (12)</b>		
Eristalinae	<i>Ornidia obesa</i> (Fabricius, 1775)	27
	<i>Palpada agrorum</i> (Fabricius, 1787)	1
	<i>Palpada inversa</i> (Wiedemann, 1830)	1
	<i>Palpada vinetorum</i> (Fabricius, 1798)	95
Syrphinae	<i>Hybobathus flavipennis</i> (Wiedemann, 1830)	2
	<i>Ocytamus dimidiatus</i> (Fabricius, 1781)	3
	<i>Ocytamus prudens</i> (Curran, 1934)	1
	<i>Toxomerus dispar</i> (Fabricius, 1794)	22
	<i>Toxomerus floralis</i> (Fabricius, 1798)	15
	<i>Toxomerus musicus</i> (Fabricius, 1805)	4
	<i>Toxomerus politus</i> (Say, 1823)	2
	<i>Toxomerus pulchellus</i> (Macquart, 1846)	9
<b>12. Tachinidae (5)</b>		
	Tachinidae sp. 1	1
	Tachinidae sp. 2	1
	Tachinidae sp. 3	1
	Tachinidae sp. 4	1
	Tachinidae sp. 5	1
<b>13. Tephritidae (1)</b>		
	Tephritidae sp. 1	7
<b>Total</b>	<b>45</b>	<b>241</b>

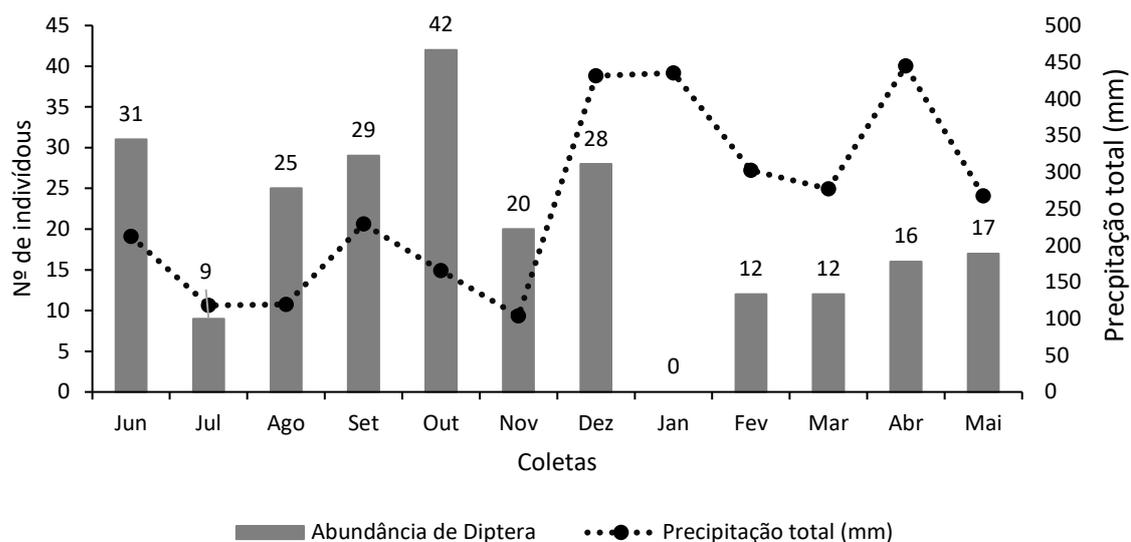


Figura 3. Precipitação total mensal e abundância de Diptera amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranzal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Lepidoptera

Foi a ordem menos diversa, com 32 espécies e 128 indivíduos distribuídos em cinco famílias (Tabela 3). A espécie mais abundante foi *Vehilius inca*, com 38 indivíduos, pertencente à Hesperiiidae, família com a maior riqueza entre os Lepidoptera, aqui representada por 21 espécies, correspondendo a 61,5% das espécies coletadas. A segunda família mais rica foi Nymphalidae, com 4 espécies, seguida por Pieridade com 3, Rionidae com 2, Lycaenidae e Papilionidae com 1 espécie cada. Através da quantidade de indivíduos e de espécies coletadas, foi possível observar que o período de maior atividade das espécies de Lepidoptera foi entre os meses de fevereiro e abril, com ápice de coletas no mês de março de 2017 (Apêndice C), correspondendo a maior precipitação pluviométrica durante durante o período de coleta (Figura 4).

Tabela 3. Espécies de Lepidoptera visitantes florais e número total de indivíduos capturados em um transecto associado a cultivos de guaraná na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

<b>Lepidoptera</b>		
Família/Subfamília	Espécies	Nº de indivíduos
(Nº de espécies)		
<b>1. Papilionidae (1)</b>		
Papilioninae	<i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> Esper, 1788	1

## 2. Pieridae (3)

Coliadinae	<i>Aphrissa statira statira</i> (Cramer, 1777)	1
	<i>Ascia monuste orseis</i> (Latreille, 1818)	2
Pierinae	<i>Rhabdodryas trite trite</i> (Linnaeus, 1758)	1

## 3. Nymphalidae (4)

Heliconiinae	<i>Dryas iulia alcionea</i> (Cramer, 1779)	1
Cyrestidinae	<i>Marpesia chiron marius</i> (Cramer, 1779)	1
Nymphalinae	<i>Junonia genoveva</i> (Cramer, 1780)	2
Limenitidinae	<i>Adelpha cytherea cytherea</i> (Linnaeus, 1758)	1

## 4. Lycaenidae (1)

Polyommatainae	<i>Hemiargus hanno</i> (Stoll, [1790])	1
----------------	--	---

## 5. Riodinidae (2)

Riiodininae	<i>Lemonias zygia zygia</i> Hübner, [1807]	7
	<i>Stalactis phlegia phlegia</i> (Cramer, [1779])	1

## 6. Hesperidae (21)

Eudaminae	<i>Autochton neis</i> (Geyer, 1832)	1
	<i>Chioides catillus catillus</i> Evans, 1952	4
	<i>Dyscophellus porcius porcius</i> (C. Felder e R. Felder, 1862)	1
	<i>Udranomia kikkawai</i> (Weeks, 1906)	1
	<i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790)	1
	<i>Urbanus tanna</i> Evans, 1952	1
Pyrginae	<i>Achlyodes mithridates thraso</i> (J. Hübner, [1807])	1
	<i>Chiomara basigutta</i> (Plötz, 1884)	1
	<i>Pythonides jovianus jovianus</i> (Stoll, 1782)	1
	<i>Telemiades epicalus</i> Hübner, [1819]	1
Hesperiinae	<i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793)	6
	<i>Callimormus corades</i> (C. Felder, 1862)	8
	<i>Callimormus saturnus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)	4
	<i>Corticea corticea</i> (Plötz, 1882)	2
	<i>Cymaenes alumna</i> (Butler, 1877)	13
	<i>Cymaenes tripunctus theogenis</i> (Capronnier, 1874)	1

	<i>Morys compta compta</i> (Butler, 1877)	4
	<i>Polites vibex catilina</i> (Plötz, 1886)	3
	<i>Pompeius amblyspila</i> (Mabille, 1898)	16
	<i>Vehilius inca</i> (Scudder, 1872)	38
	<i>Wallengrenia otho clavus</i> (Erichson, [1849])	1
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>128</b>

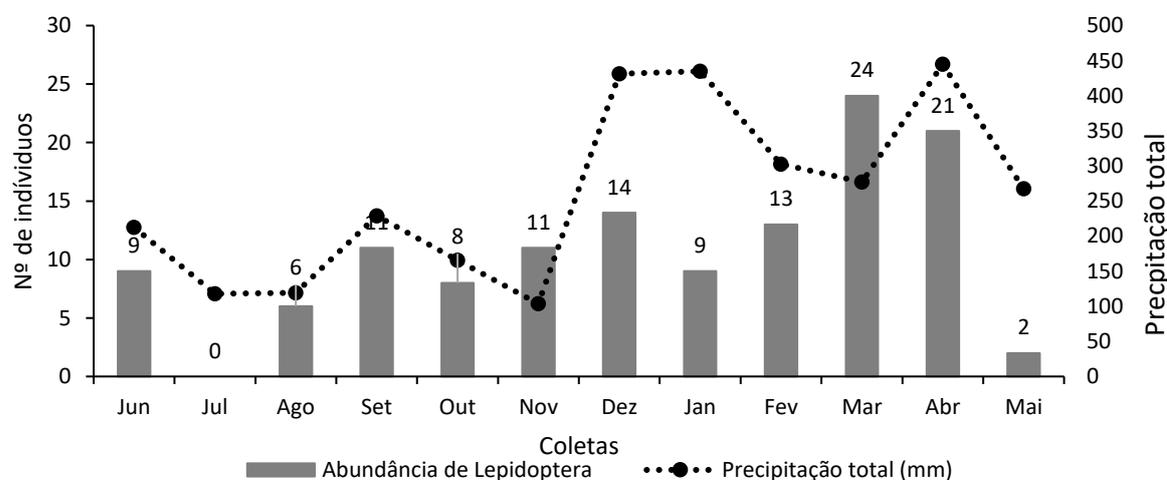


Figura 4. Precipitação total mensal e abundância de Lepidoptera amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Abelhas visitantes florais

Os visitantes florais mais ricos e abundantes foram as abelhas, com 115 espécies e 2691 indivíduos, aproximadamente 42,4 % e 82 %, respectivamente, do total de espécies e indivíduos coletados, representando de 4 famílias das 5 que ocorrem no Brasil. Apidae foi a mais rica em número de espécies, com 88 espécies, e um total de 2492 indivíduos, seguida de Halictidae com 17 espécies, Megachilidae com 7 e Colletidae com 3 (Tabela 1).

Os gêneros com maior riqueza foram *Ceratina* com 8 espécies, *Melipona*, *Paratetrapedia* e *Trigona* com seis espécies cada, *Algochloropsis*, *Exomalopsis* e *Tetragona* com cinco. Entretanto, a espécie mais abundante, maior número de indivíduos, foi *Apis mellifera scutellata* com 571 indivíduos, representando 21,2% das abelhas amostradas. As outras espécies abundantes neste trabalho foram *Ptilotrigona lurida*, com 341 indivíduos (12,6%), seguida por *Trigona guianae*, com 202 indivíduos (7,5%) e *Aparatrigona impuctata*, com 114 indivíduos (4,2%). Essas espécies, somadas com os indivíduos de *A. mellifera*

representam 45,5% das abelhas coletadas. Muitas espécies tiveram poucos indivíduos coletados, em 36 espécies, apenas 1 indivíduo e 10 espécies com 2, que somadas representam 39,5% das espécies. Através da quantidade de indivíduos e de espécies coletadas, foi possível observar que o período de maior atividade das abelhas foi entre os meses de setembro a dezembro, com ápice de atividade no mês de outubro de 2016 (Figura 5).

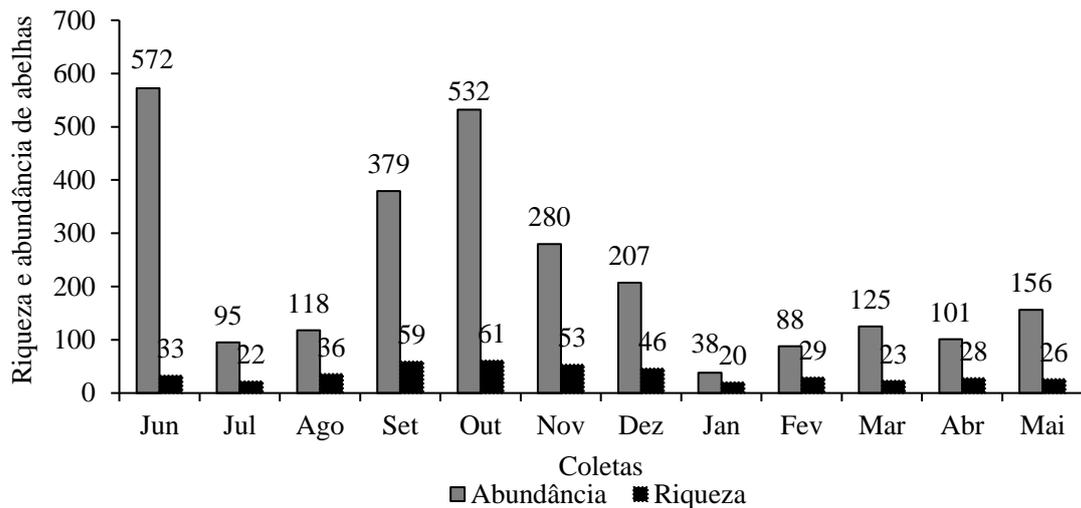


Figura 5. Riqueza e abundância de abelhas amostrados durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranzal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Curva do coletor e estimadores de riqueza

A curva de acumulação da diversidade de abelhas mostra que, no segundo semestre de 2016, 89% do total de espécies já haviam sido coletadas (Figura 7). Em março de 2017 a curva de acumulação tendeu a uma assíntota, sendo acrescentada somente uma espécie nova nos meses seguintes. Portanto, a curva de acumulação de espécies não estabilizou, resultado que indica que provavelmente existam mais espécies na área que não foram coletadas.

Dentre os métodos utilizados para calcular os estimadores de riqueza de espécies, o estimador Jack-knife 2 (175 espécies) foi o que resultou no maior valor estimado de espécies para todos os meses de coletas. Enquanto que Bootstrap resultou no menor valor de espécies estimadas (133 espécies). Os valores intermediários foram estimados por Chao 2 (157 espécies) e Jack-knife 1 (153 espécies) ao longo dos doze meses de coleta. Esses estimadores sugerem que entre 66% e 87% da fauna de abelhas presentes no local foram efetivamente amostrados. Assim como a curva do coletor, em nenhum dos estimadores utilizados a curva de espécies

estabilizou, indicando que o aumento de amostragens pode aumentar o número estimado de espécies (Figura 6).

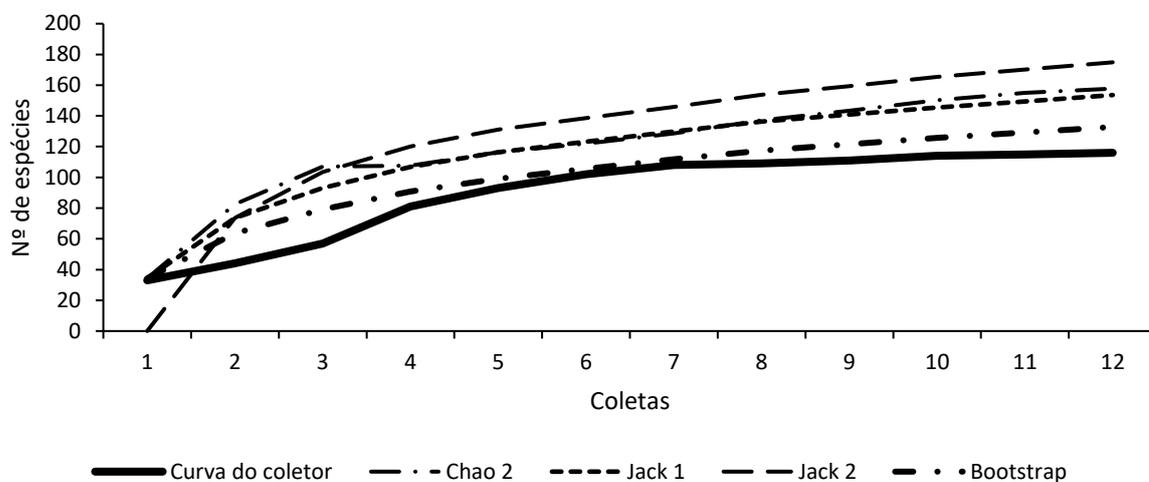


Figura 6. Curva de acumulação e número estimado de espécies de abelhas utilizando os métodos não paramétricos, Chao 2, Jack-knife 1, Jack-knife 2 e Bootstrap, amostradas mensalmente de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Diversidade de abelhas

Os índices de diversidade de espécies, Shannon (H) e Simpson (D), foram 3,362 e 0,9223, respectivamente. Quando comparados os índices de diversidade em cada mês de coleta, foi observado uma similaridade entre os índices, com altos e baixos valores de diversidade de espécies muito semelhantes (Figura 6). No índice Shannon foi observado que o pico de diversidade ocorreu no mês de outubro e dezembro, enquanto no índice Simpson ocorreu em novembro. Em ambos os índices foram observados os menores valores de diversidade das espécies nos meses de junho de 2016 e março de 2017. Foi observado ainda que os índices de diversidade mensais apresentaram uma variação mais discreta do que quando comparados aos valores absolutos de riqueza e abundância de espécies (Figura 5), o que torna a sazonalidade menos evidente utilizando índices de diversidade de espécies (Figura 7).

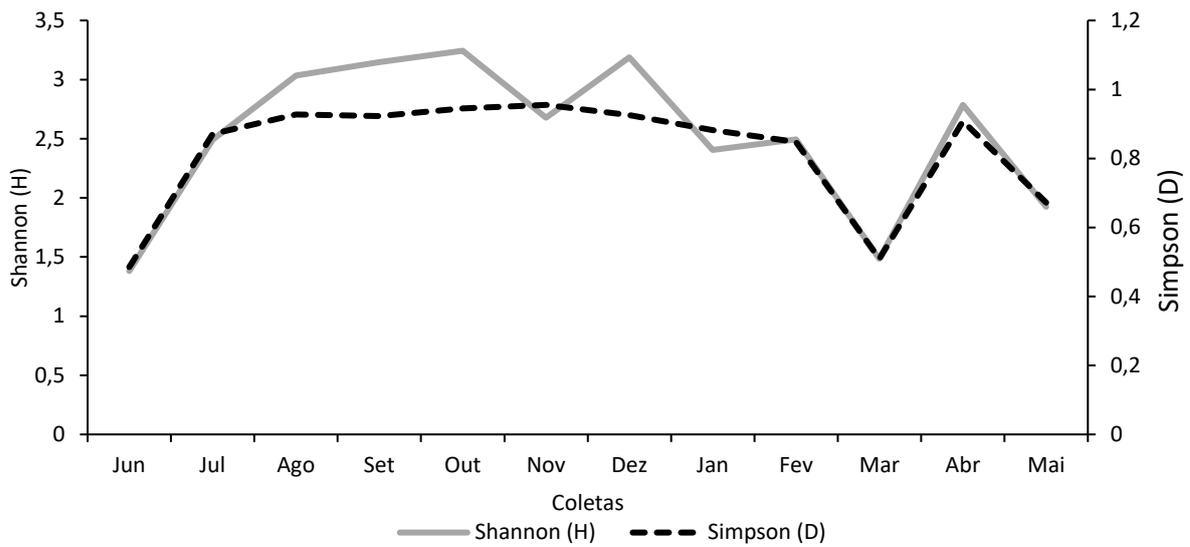


Figura 7. Índices de diversidade mensais das espécies amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017 em um guaranazal e vegetação adjacente, na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### Dados meteorológicos

Foi possível verificar que a temperatura média mensal máxima foi de 28,7 °C no mês de outubro de 2016 e a mínima foi de 24,1 °C no mês de fevereiro de 2017. A maior umidade relativa média mensal foi de 91 % e ocorreu no mês de março de 2016 e a menor, 73, 4 % no mês de novembro de 2016. As médias de temperatura e a umidade relativa tendem a ser mais homogêneas ao longo do ano do que a precipitação. Na Figura 8, podemos observar que o período com menos chuva ocorreu entres os meses de junho a novembro de 2016. A precipitação pluviométrica aumentou nos meses de dezembro a maio, com picos nos meses de dezembro, janeiro e abril de 2017, com totais mensais de 431, 2 (mm), 435, 1 (mm) e 444, 7 (mm), respectivamente.

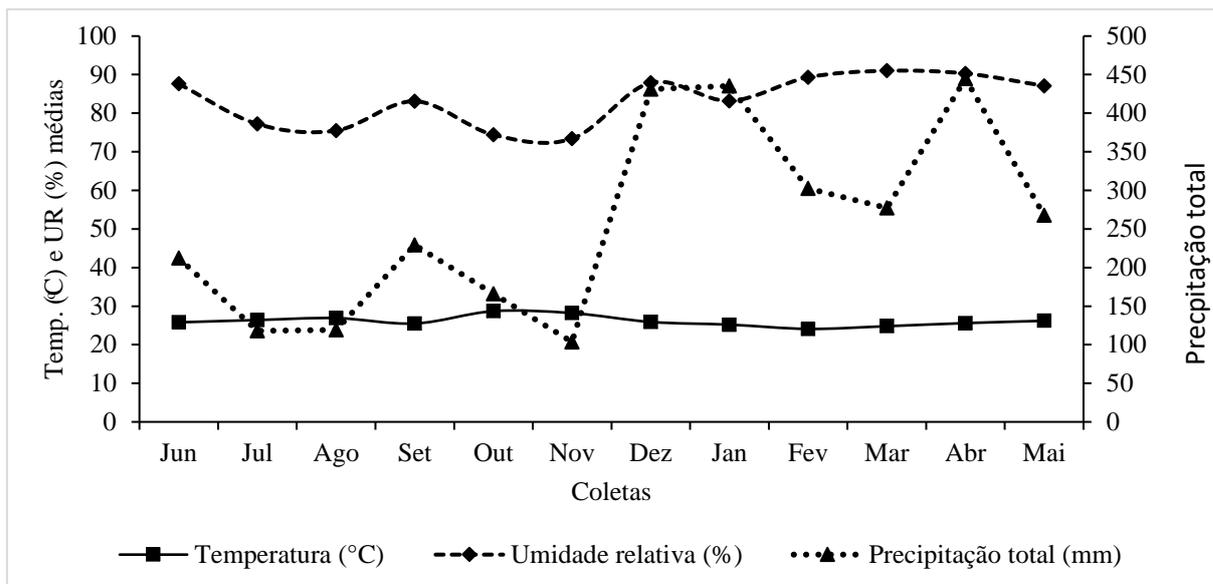


Figura 8. Médias mensais de emperatura ambiente (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica total (mm). Durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, na estação Agrometeorológica da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Quando comparada a sazonalidade das abelhas com as variáveis ambientais analisadas, foi observado que nos meses de maior estiagem, ou seja, quanto menor a precipitação, maior o número de espécies de abelhas em atividade de forrageio (coletadas), já nos meses de maior precipitação o número de espécies de abelhas em atividade de forrageio foi menor (Figura 9) (Apêndice D).

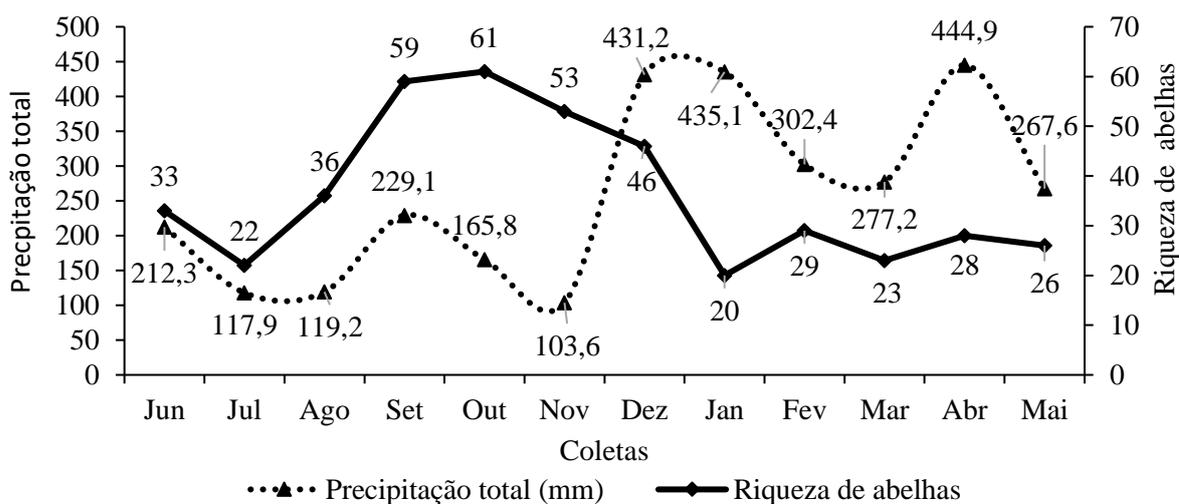


Figura 9. Precipitação total mensal e riqueza de abelhas amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranzal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

### **Plantas herbáceo-arbustivas**

Foram registradas um total de 59 espécies de plantas herbáceo-arbustivas férteis no período amostrado, entretanto, somente em 47 destas foram amostrados visitantes florais (Tabela 4). As espécies de plantas pertencem à 26 famílias botânicas, sendo Melastomataceae a mais diversa com 11 espécies avaliadas, sendo 10 visitadas por insetos, seguida de Asteraceae, Rubiaceae, Leguminosae (Mimosoideae e Leguminosae (Papilionoideae) com 4 espécies. Para a família Sapindaceae foram registradas 3 espécies, as demais famílias apenas com duas ou uma espécies foram visitadas por abelhas.

A espécie com maior abundância de visitação foi *Spermacoce alata*, com 875 espécimes de abelhas, conhecida popularmente por erva-de-lagarto, representando 32,5% do total de visitação. Essa espécie representou mais de 50% das plantas herbáceo-arbustivas utilizadas pelas espécies de visitantes florais mais abundantes: *Aparatrigona impuctata* (com 114 espécimes coletados), *Frieseomelitta trichocerata* (52), *Frieseomelitta flavicornis* (61), *Nannotrigona melanocera* (90), *Ptilotrigona lurida* (347), *Scaura amazônica* sp. n. (43), *Tetragonisca angustula* (53) e *Trigona guianae* (202). Essas espécies mais abundantes equivalem a 37% das abelhas visitantes florais coletadas neste estudo. Outra espécie com uma grande abundância de visitantes florais foi *Hyptis atrorubens*, com 491 indivíduos de 20 espécies, sendo *Apis mellífera* (com 401 indivíduos) seu visitante floral mais abundante, representando 74,7% dos indivíduos.

Através da quantidade de indivíduos e de espécies de plantas avaliadas, foi possível observar uma sazonalidade dos recursos florais utilizados pelas abelhas ao longo de avaliações mensais (Figura 10). A sazonalidade das plantas com recursos florais foi bastante similar à das abelhas, sendo que as plantas tiveram maior riqueza e abundância nos meses de agosto a novembro, com ápice de disponibilidade de recursos no mês de agosto de 2016. Já nos meses de janeiro a março de 2017 houve uma diminuição de plantas férteis e espécies de abelhas visitantes destas plantas.

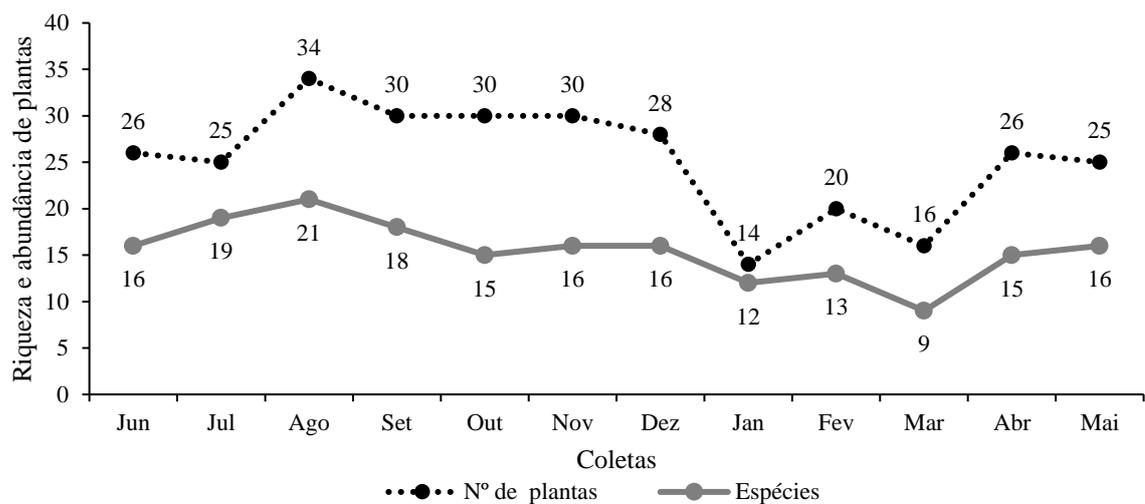


Figura 10. Riqueza e abundância de plantas herbáceo-arbustivas férteis amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, no entorno de um guaranazal e vegetação adjacente adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Tabela 4. Famílias, espécies de plantas herbáceo-arbustivas e número total de abelhas visitantes florais (N) amostrados no entorno de um guaranazal na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Famílias (Nº de espécies)	Espécies de plantas herbáceo-arbustivas	Nº de visitantes
<b>1. Annonaceae (1)</b>	<i>Guatteria scytophylla</i> Diels	0
<b>2. Asteraceae (4)</b>	<i>Pseudelephantopus spiralis</i> Cronquist	58
	<i>Unxia camphorata</i> L.f.	6
	<i>Praxelis pauciflora</i> (Kunth) R.M.King & H.Rob.	0
	<i>Praxelis kleinoides</i> (Kunth) Sch.Bip.	0
<b>3. Capparaceae (1)</b>	<i>Hemiscola aculeata</i> (L.) Raf.	0
<b>4. Clusiaceae (2)</b>	<i>Vismia cayenensis</i> (Jacq)	21
	<i>Vismia japurensis</i> Reichardt	137
<b>5. Cyperaceae (1)</b>	<i>Rhynchospora pubera</i> (Vahl) Boeck.	158
<b>6. Euphorbiaceae (2)</b>	<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	0
	<i>Croton trinitatis</i> Millsp.	10
<b>7. Flacourtiaceae (2)</b>	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	8
	<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	0
	<i>Chelonanthus albus</i> (Spruce ex Progel)	
<b>8. Gentianaceae (2)</b>	V.M.Badillo	2
	<i>Hemiscola aculeata</i> (L.) Raf.	6

<b>9. Lamiaceae (2)</b>	<i>Hyptis atrorubens</i> Poit.	491
<b>10. Lauraceae (3)</b>	<i>Nectandra cuspidata</i> Nees	91
	<i>Ocotea longifolia</i> Kunth	0
	<i>Ocotea oblonga</i> (Meisn.) Mez	0
	<i>Senna quinquangulata</i> (Rich.) H.S.Irwin &	
<b>11. Leguminosae-caes (1)</b>	Barneby	9
<b>12. Leguminosae-mim (4)</b>	<i>Inga thibaudiana</i> DC.	1
	<i>Mimosa pudica</i> L.	92
	<i>Mimosa sensitiva</i> L.	22
	<i>Stryphnodendron pulcherrimum</i> (Willd.) Hochr.	17
<b>13. Leguminosae-pap (4)</b>	<i>Deguelia duckeana</i> A.M.G.Azevedo	3
	<i>Desmodium juruenense</i> Hoehne	3
	<i>Pueraria phaseoloides</i> (Roxb.) Benth.	37
	<i>Zornia latifolia</i> DC.	19
<b>14. Lythraceae (1)</b>	<i>Cuphea gracilis</i> Kunth	46
<b>15. Malpighiaceae (1)</b>	<i>Byrsonima chrysophylla</i> Kunth	60
<b>16. Malvaceae (1)</b>	<i>Sida rhombifolia</i> L.	1
<b>17. Melastomataceae (11)</b>	<i>Bellucia dichotoma</i> Cogn.	21
	<i>Bellucia grossularioides</i> (L.) Triana	6
	<i>Bellucia spruceana</i> (Benth. ex Triana) J.F.Macbr.	1
	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	12
	<i>Clidemia japurensis</i> DC.	3
	<i>Clidemia rubra</i> (Aubl.) Mart.	1
	<i>Miconia alata</i> (Aubl.) DC.	5
	<i>Miconia argyrophylla</i> DC.	1
	<i>Miconia cuspidata</i> Naudin	1
	<i>Miconia gratissima</i> Benth. ex Triana	17
	<i>Miconia phanerostila</i> Pilg.	0
<b>18. Onagraceae (1)</b>	<i>Ludwigia hyssopifolia</i> (G.Don) Exell	0
<b>19. Passifloraceae (2)</b>	<i>Passiflora nitida</i> Kunt.	2
	<i>Passiflora coccinea</i> Aubl.	0
<b>20. Piperaceae (1)</b>	<i>Piper hispidum</i> Sw.	4
<b>21. Polygalaceae (1)</b>	<i>Polygala spectabilis</i> DC.	16

<b>22. Rubiaceae (4)</b>	<i>Isertia hypoleuca</i> Benth.	4
	<i>Sabicea amazonensis</i> Wernham	19
	<i>Spermacoce alata</i> Aubl.	875
	<i>Spermacoce verticillata</i> (L.) G.Mey.	12
<b>23. Sapindaceae (1)</b>	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	63
	<i>Paullinia capreolata</i> (Aubl.) Radlk.	3
	<i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> (Mart.) Ducke	127
<b>24. Solanaceae (1)</b>	<i>Solanum paniculatum</i> L.	50
<b>25. Turneraceae (1)</b>	<i>Turnera ulmifolia</i> (L.) Turn.	56
<b>26. Verbenaceae (3)</b>	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	0
	<i>Lantana camara</i> L.	8
	<i>Stachytarpheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	86
<b>Totais</b>	<b>59</b>	<b>2691</b>

### Rede de interação

Foram registradas um total de 401 conexões entre 115 espécies de abelhas e as 47 espécies de plantas herbáceo-arbustivas férteis, que representam 7,3% das 5405 possíveis interações. As interações estão representadas na forma de gráfico bipartido (Figura 11), onde é evidente o aninhamento da rede, como revelado pelo valor da conectância de 0,073.

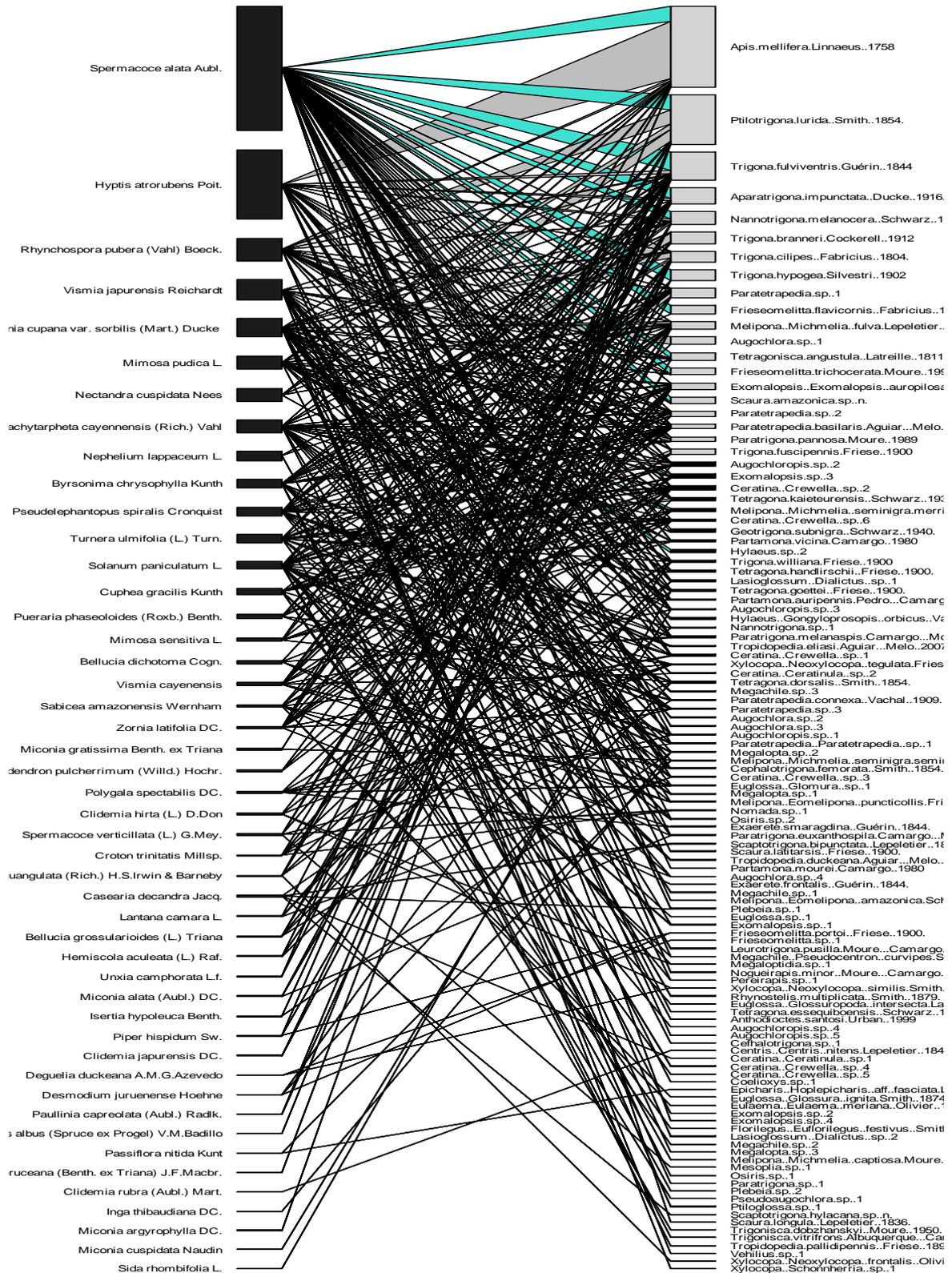


Figura 11. Rede de interação planta-abelha resultante de amostragem mensal em um guaranzal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, de junho de 2016 a maio de 2017. A coluna da esquerda representa as plantas herbáceo-arbustivas e a coluna da direita as abelhas. A espessura da linha de cada espécie representa a abundância e a espessura das linhas que conectam os dois lados revela a força de interação quantitativa das conexões.

Duas espécies de plantas herbáceo-arbustivas se destacaram: *Spermacoce alata* (Rubiaceae) foi responsável por 46 interações, seguida pelo guaraná, *Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Sapindaceae), responsável por 28, juntas foram responsáveis por 18,5% das interações registradas neste estudo (N= 401). *Spermacoce alata* também foi a espécie que recebeu o maior número de visitas (N= 875), aproximadamente 32 % das abelhas visitantes florais. *Solanum paniculatum*, *Stachytarpheta cayennensis*, *Hyptis atrorubens* e *Vismia japurensis* apresentaram 24, 22, 20 e 20 interações respectivamente, também sendo espécies de planta com grande número de interações na rede, juntas representam 21,5% do total de interações observadas. Somente as espécies *Bellucia spruceana*, *Clidemia rubra*, *Inga thibaudiana*, *Miconia argyrophylla*, *Miconia cuspidata* e *Sida rhombifolia* foram visitadas somente por uma abelha visitante floral.

As espécies de abelhas com maior número de interações foram *Trigona guianae* Cockerell, 1910 (19 interações), *Melipona (Michmelia) fulva* (13), *Trigona cilipes* e *Paratetrapedia basillares* com 12 interações e *Ptilotrigona lurida*, *Paratetrapedia* sp. 1, *Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa* e *Ceratina (Crewella) sp. 2* todas com 11 interações cada. Todas espécies com mais de 10 interações são responsáveis por 25% das interações registradas (401). Apesar de ter sido a espécie mais abundante, *Apis mellifera scutellata* e outras três espécies (*Aparatrigona impunctata*, *Nannotrigona melanocera* e *Paratetrapedia* sp. 2) tiveram 10 interações cada, representando 10% do total de interações.

As espécies mais abundantes foram *Apis mellifera scutellata* (571), *Ptilotrigona lurida* (347), entretanto não foram as espécies com os maiores números de interações. *Trigona guianae* (19) e *Melipona (Michmelia) fulva* (com 13), a terceira e a décima primeira espécies mais abundantes com 202 e 58 indivíduos, respectivamente, foram as espécies com maior número de interações com a vegetação adjacente ao guranazal. Também foram quantificadas 50 espécies de abelhas com somente uma interação na rede e 36 espécies de abelhas foram amostradas somente por um indivíduo.

Quando comparada a quantidade de plantas com recursos disponíveis mensalmente com o número de espécies de abelhas durante o período avaliado, pode-se observar um padrão bastante similar. Nos meses de setembro e outubro ocorreram as maiores quantidades de espécies de abelhas e a disponibilidade de plantas herbáceo-arbustivas floridas. Já nos meses de janeiro, março e julho houve as menores quantidades de abelhas e plantas floridas. Ambos

resultados demonstram que possivelmente a riqueza de abelhas está diretamente relacionada a disponibilidade de recursos (Figura 12).

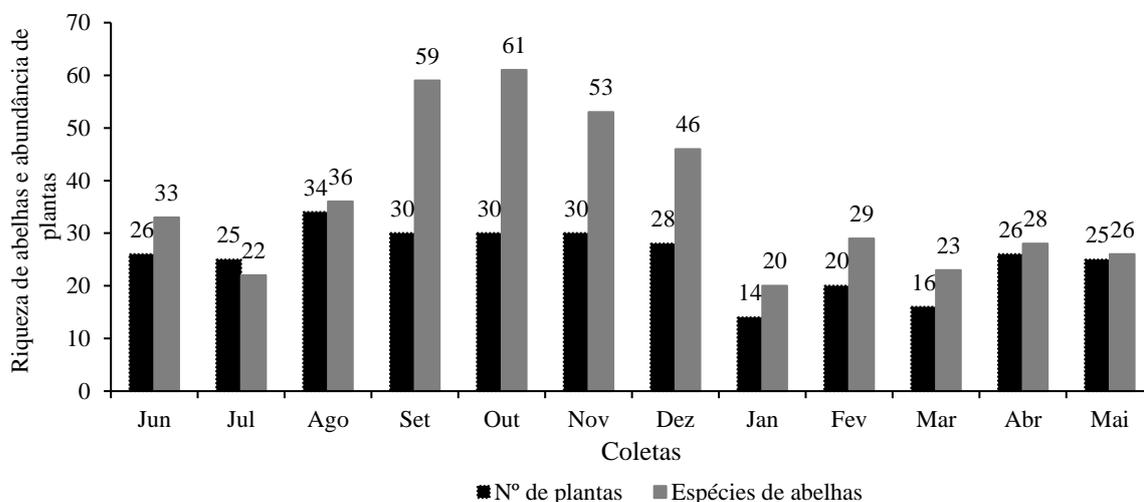


Figura 12. Riqueza de abelhas e abundância de plantas herbáceo-arbustivas férteis amostradas durante o período de junho de 2016 a maio de 2017, em um guaranazal e vegetação adjacente na Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

## DISCUSSÃO

Este estudo é um dos primeiros trabalhos sistemáticos com coleta ativa amostrando a comunidade de abelhas e outros insetos visitantes florais realizados ao longo de um ano na Amazônia. As primeiras informações sobre abelhas da região Amazônica foram deixadas por Ducke (1906), seguido de estudos em grupos específicos como Meliponinae (Camargo, 1970; Oliveira *et al.*, 1995), Euglossini (Oliveira e Campos, 1995) e abelhas que nidificam em ninhos armadilha (Morato e Campos, 2000; Garcia e Adis, 1993, 1995). De acordo com a meta-análise de Pinheiro-Machado *et al.* (2002), é comum o número de espécies de abelhas ser superior a 100 em levantamentos de comunidade de abelhas no Brasil. Assim a riqueza de espécies da comunidade de abelhas deste estudo (115) pode ser considerada dentro dos padrões de riqueza de espécies de abelhas esperados para levantamentos em território nacional.

A coleta ativa com rede entomológica é a metodologia mais eficiente e utilizada nos levantamentos da fauna de abelhas, e portando passível de ser comparada (Krug e Alves-dos-Santos, 2008; Cane *et al.*, 2000). A distribuição no número de indivíduos entre as famílias de abelhas na área estudada é similar à da região sul do Brasil (Gonçalves e Melo, 2005; Krug e Alves-dos-Santos, 2008; Mouga e Krug, 2010), mas difere da apresentada por outros trabalhos, que não incluíram a espécie *Apis mellifera scutellata*, introduzidas no Brasil em seus estudos (Ortolan e Laroca, 1996; Bortoli e Laroca, 1997; Jamhour e Laroca, 2004). Neste trabalho, mesmo excluindo *A. mellifera*, a família Apidae continuaria a ser a mais abundante. Portanto,

a exclusão desta espécie da análise não alteraria a ordem de abundância e riqueza de espécies entre as famílias com relação ao número de indivíduos.

As famílias Apidae e Halictidae foram as mais ricas, seguindo o mesmo padrão observado para as demais regiões do Brasil (Pinheiro-Machado *et al.*, 2002). No presente estudo não houve espécies representantes da família Andrenidae, diferentemente da maioria dos levantamentos realizados em outras regiões do Brasil (Pinheiro-Machado *et al.*, 2002).

Para Silveira *et al.* (2002) e Krug e Alves-dos-Santos (2008), o melhor método de captura pode variar de acordo com o local e a logística, mas melhores resultados em número de espécies são alcançados quando vários métodos são empregados. Portanto, é interessante a utilização de outros métodos de coleta de abelha associados a coleta ativa em flores com redes entomológicas para uma maior amostragem de espécies de abelhas na Amazônia. Este estudo se mostrou eficiente para a coleta de espécies de abelhas quando comparado com outros estudos de levantamentos utilizando outros métodos de coleta na Amazônia (Morato e Campos, 2000; Camargo, 1970; Garcia e Adis, 1993, 1995).

Quando analisamos os dados obtidos, contabilizamos um total de 115 espécies de abelhas, valor menor que todos os estimadores de riqueza utilizados neste trabalho. Portanto, é provável que ainda existam espécies não registradas e que possivelmente seriam melhor amostradas utilizando-se métodos complementares de coleta, como por exemplo, análise de pólen no corpo, corbiculas e ninhos das abelhas visitantes florais (Ferreira e Absy, 2017a; 2017b). Com o presente trabalho, quatro novas espécies foram registradas para o Estado do Amazonas: *Anthodioctes (Anthodioctes) santosi* (Megachilidae), *Tropidopedia eliasi* (Apidae), *Tropidopedia pallidipennis* (Apidae) e *Hylaeus (Gongyloprosopis) orbicus* (Colletidae), sendo última espécie o primeiro registro para o Brasil. Além disso, muitas espécies foram separadas como morfo-espécies, como por exemplo, nos gêneros *Ceratina (Crewella)* (sp. 1 a sp. 6), *Augochloropsis* (sp. 1 a sp. 6), *Augochlora* (sp. 1 a sp. 4) e *Exomalopsis* (sp. 1 a sp. 4), podendo tratar-se de espécies novas ou não registradas até o momento.

Apesar de muitos trabalhos excluírem *Apis mellifera scutellata* da amostragem, esta espécie foi a mais abundante neste estudo, aproximadamente 21 %, e em alguns trabalhos recentes, sendo responsável por 61,9% das abelhas amostras por Pigozzo e Viana (2010), 26% por Mouga e Krug (2010), 40,2% por Neves e Viana (2002), 11,5% por Milet-Pinheiro e Schlindwein (2008), 49,6% em Krug e Alves-dos-Santos (2008) e 42% em Mouga *et al.*, (2012).

A segunda espécie mais abundante neste trabalho foi *Ptilotrigona lúrida* (12,9 %), e de acordo com Camargo e Pedro (2004) está é a espécie do gênero com a maior distribuição geográfica na Amazônia, sendo comum encontrar ninhos em matas de várzea, de igapós e de terra firme. Verificamos que *Ptilotrigona lúrida* visitou 11 espécies de plantas neste trabalho, entretanto em estudo de amostras de pólen obtidas dos potes em ninhos de *P. lúrida* nas regiões do baixo Tapajós, Trombetas, Uatumã, foram coletados pólen de 15 espécies de plantas, além de várias outras espécies não identificadas de Lecythidaceae, Moraceae, Myrtaceae, Palmae e Sapotaceae (Absy *et al.*, 1984). Em Rech e Absy (2011), foram coletadas amostras de pólen de ninhos de Meliponini ao longo do rio Negro entre os municípios de Manaus e São Gabriel da Cachoeira, dentre as espécies avaliadas, *P. lúrida* foi uma das espécies mais generalistas no uso dos recursos alimentares, sendo encontrado pólen de 22 espécies de plantas em um ninho e 13 espécies em outro.

Analisando a série histórica de dados diários das variáveis agroclimatológicas, registrados pela Estação Agrometeorológica da Embrapa Amazônia Ocidental durante 40 anos, no período de 1971 a 2010, Antônio (2017) concluiu que o período chuvoso vai de janeiro a junho, quando ocorre quase 65% do total anual da precipitação. Já o período seco compreende os meses de julho a setembro. Durante nossas amostragens, foi observado um padrão similar à série histórica descrita pelo autor citado anteriormente, quando comparado a variáveis ambientais avaliadas durante o período de coleta dos visitantes. O período menos chuvoso ocorreu entre os meses de junho a novembro e a precipitação pluviométrica aumentou nos meses de dezembro a maio, com picos nos meses de dezembro, janeiro e abril de 2017.

A quantidade de plantas com recursos disponíveis (floridas) ao longo dos meses é outro fator que pode explicar a sazonalidade das espécies de abelhas durante o período avaliado. O padrão de sazonalidade da quantidade de espécies de abelhas foi muito similar à quantidade de plantas férteis avaliadas mensalmente. Portanto, a riqueza de espécies de abelhas também está relacionada a disponibilidade de recursos florais. A família Melastomataceae foi a mais visitada por abelhas em número de espécies e Rubiaceae em número de indivíduos. Resultado diferente do proposto na meta-análise de Pinheiro-Machado *et al.* (2002), onde representantes das Malpighiaceae e Asteraceae foram as principais recursos utilizados pelas abelhas em estudos de levantamentos em outras regiões do Brasil. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram os estudos de recursos polínicos utilizados por abelhas melíponas, realizados em Manaus / AM por Absy e Kerr (1977), Marques-Souza (2002) e Oliveira *et al.* (2009), e que demonstraram a

importância da família Melastomataceae como principal fonte de recurso alimentar ao longo do ano nesta região.

A espécie de planta com o maior número de interações na rede e que recebeu o maior número de visitas foi *Spermacoce alata*, que esteve florida por um longo período (12 meses). A segunda espécie com o maior número de interações na rede foi o guaranazeiro, *Paullinia cupana* var. *sorbilis*, que apesar de ser uma espécie com floração com um curto período ao longo do ano, de julho a setembro, provavelmente disponibiliza uma grande quantidade de néctar e pólen, por se tratar de um plantio homogêneo, sendo uma importante fonte desses recursos florais para visitantes florais e polinizadores. De acordo com Vázquez *et al.* (2009) e Olesen *et al.* (2008), a disponibilidade temporal dos recursos florais pode influenciar estruturalmente a rede de interações, o que foi verificado e era de certa forma esperado para a espécie *Spermacoce alata*, entretanto é importante ressaltar a relevância de *Paullinia cupana* var. *sorbilis* na rede de interações, uma planta nativa e de importância econômica que fornece amplos recursos à comunidade de polinizadores locais.

As espécies de abelhas mais abundantes neste trabalho foram as eusociais, *Apis mellifera scutellata* e *Ptilotrigona lurida*, porém não foram as abelhas com os maiores números de interações na rede, e sim *Trigona guianae*. Corroborando os dados de Oliveira *et al.* (2009), onde *T. guianae* foi a espécie com maior nicho de recurso polínico utilizado em fragmento de floresta em Manaus. Todas são espécies eusociais, com populações numerosas não apresentam especificidade floral, aproveitando diferentes recursos alimentares ao longo do ano.

Neste trabalho, ao analisar a comunidade de plantas e visitantes florais, fornecemos uma descrição das redes quantitativa e qualitativa de interação plantas e abelhas, marcada pela heterogeneidade no número de interações. Foram poucas espécies de abelhas com muitas interações enquanto que a maioria delas estabeleceu interações com apenas uma ou duas espécies vegetais. A conectância encontrada ( $C = 0,073$ ), foi similar ao valor da rede de interação estudada por Basilio *et al.* (2006) na Argentina ( $C = 0,074$ ), apesar de se tratarem de biomas bastante distintos. Porém, é menor do que valores obtidos em ambiente tidos tradicionalmente como menos diversos, como a restinga (Viana e Kleinert, 2006,  $C = 0,095$ ) e caatinga (Rodarte *et al.*, 2008,  $C = 0,1390$  e Pigozzo e Viana, 2010,  $C = 0,106$ ). A conectância foi maior do que encontrado por Mouga *et al.* (2012) no sul do Brasil, com maior número de táxons, sendo observadas 5.368 possíveis interações ( $C = 0,039$ ) em ambiente de mata Atlântica.

Apesar de, atualmente, poucos trabalhos estudando a biodiversidade de insetos-abelhas estarem sendo desenvolvidos e publicados, a necessidade de se conhecer a biodiversidade de

polinizadores de biomas poucos explorados, como a Amazônia, por exemplo, permanece. Visto, que muitas destas espécies nativas são fundamentais para a polinização de culturas agrícolas e incremento de sua produtividade, conforme evidenciado por Garibaldi *et al.* (2013).

## CONCLUSÃO

Neste estudo, as abelhas foram o principal grupo de visitantes florais, sendo encontradas 115 espécies de abelhas de 4 famílias das cinco que ocorrem no Brasil, contribuindo com informações para o conhecimento da biodiversidade de abelhas na Amazônia. De maneira geral a família mais diversa foi Apidae seguida por Halictidae, apresentando muitas espécies com poucos indivíduos e poucas espécies com muitos indivíduos, havendo uma grande heterogeneidade na comunidade avaliada.

Neste estudo, a disponibilidade de recursos florais influenciou diretamente na quantidade de espécies de abelhas ativas ao longo do ano. A espécie exótica *Apis mellifera scutellata* foi a abelha mais abundante, mas espécies nativas tiveram um maior número de interações com as plantas herbáceo-arbustivas avaliadas, demonstrando a importância das abelhas nativas na rede de interação.

*Spermacoce alata* foi a planta mais utilizada pelas abelhas, sendo uma importante fonte de recurso para a comunidade de abelhas visitantes florais ao longo do ano. A segunda espécie com o maior número de interações foi guaraná, demonstrando que, apesar do curto período de floração, é uma importante fonte de recursos florais para a comunidade de abelhas.

Portanto, o presente trabalho representa uma contribuição para o conhecimento sobre a biodiversidade de visitantes florais, principalmente a apifauna na Amazônia. Também contribuiu com informações para futuras práticas amigáveis aos polinizadores, associados aos cultivos do guaraná, visando aumento da polinização efetiva e de produtividade de frutos de guaraná.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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. *Revista Brasileira de Biologia*, 44(2): 227-237.
- Absy, M. L.; Kerr, W.E. 1977. Algumas plantas visitadas para obtenção de pólen por operárias de *Melipona seminigra merrillae* em Manaus. *Acta Amazonica*, 7(3):309-315.

- Alves-dos-Santos, I. 2007. Estudos sobre comunidades de abelhas no Sul do Brasil e proposta para avaliação rápida da apifauna subtropical. *Brazilian Journal of Ecology*, 11: 53-65.
- Antonio, I. C. 2017. *Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental na Rodovia AM-010, Km 29– Manaus*. Boletim agrometeorológico série anual, Embrapa Amazônia Ocidental, 60 pp.
- Basilio, A. M.; Medan, D.; Torretta, J. P.; Bartoloni, N. J. 2006. A year-long plant-pollinator network. *Austral Ecology*, 31(8), 975-983.
- Bawa, K. S.; Bullock, S. H.; Perry, D. R.; Coville, R. E.; Grayum, M. H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of botany*, 346-356.
- Bezerra, E.S.; Lopes, A.V.; Machado, I.C. 2009. Biologia reprodutiva de *Byrsonima gardneriana* A. Juss. (Malpighiaceae) e interações com abelhas *Centris* (Centridini) no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 32, 95-108.
- Bortoli, C.; Laroça S. 1997. Melissocenologia no Terceiro Planalto Paranaense. I: Abundância relativa das abelhas silvestres (Apoidea) de um biótopo urbano de Guarapuava, Paraná, Brasil, *Acta Biológica Paranaense*, 26: 51-86.
- Butts C. 2015. `_network: Classes for Relational Data_`. The Statnet Project (<URL: <http://statnet.org>>). R package version 1.13.0, <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=network>>.
- Buzato, S.; Sazima, M.; Sazima, I. 2000. Humming bird pollinated floras at three Atlantic forest sites. *Biotropica*, 32, 824-841.
- Camargo, J. D. 1970. Ninhos e biologia de algumas espécies de Meliponídeos (Hymenoptera: Apidae) da região de Porto Velho, Território de Rondônia, Brasil. *Revista de Biologia Tropical*, 16(2), 207-239.
- Camargo, J. M.; Pedro, S. R. 2004. Meliponini neotropicais: o gênero *Ptilotrigona* Moure (Hymenoptera, Apidae, Apinae). São Paulo. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(3), 353-377.
- Cane, J.H.; Minckley, R.L.; Kevin, L.J. 2000. Sampling bees (Hymenoptera: Apiformes) for pollinator community studies: pitfalls of pan-trapping. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 73(4): 225-231.
- Carvalho, C. A. L. de. 2004. *Diversidade de abelhas (Apoidea) em ecossistemas baianos*. In: Congresso Brasileiro de Apicultura e Congresso Brasileiro de Meliponicultura. Anais. Natal: CBA; FARN. CD-ROM.

- Colwell, R. K.; A. Chao; N. J. Gotelli; S.-Y. Lin; C. X. Mao; R. L. Chazdon; J. T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology*, 5:3-21.
- Cronquist, A. (1988). *The evolution and classification of flowering plants*. Botanical Garden, Bronx, New York, USA. 555pp.
- Csardi, G., Nepusz, T. 2006. The igraph software package for complex network research, InterJournal, Complex Systems 1695. <http://igraph.org>
- Dobson, H. E. M. 1987. Role of flower and pollen aromas in host-plant recognition by solitary bees. *Oecologia*, 72(4), 618-623.
- Dormann, C.F.; Freund, J.; Bluethgen, N.; Gruber B. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *The Open Ecology Journal*, 2, 7-24.
- Endress, P. K. 1996. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers*. Cambridge University Press. 511pp.
- Escobar, J. R.; Corrêa, M. P. F.; Aguilera, F. P. 1984. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19(5), 615-622.
- Faegri, K.; Van der Pijl, L. 2013. *Principles of pollination ecology*. Elsevier. 256pp.
- 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), 436-449.
- Ferreira, M. G., & Absy, M. L. 2017a. Pollen niche of *Melipona* (*Melikerria*) *interrupta* (Apidae: Meliponini) bred in a meliponary in a terra-firme forest in the central Amazon. *Palynology*, 42(2), 199-209.
- Ferreira, M. N. 2003. *Polinização dirigida de guaranazal cultivado utilizando-se abelhas Apis melífera, Melipona seminigras abunensis e Scaptotrigona sp. Mato Grosso, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 107pp.
- Garcia, M.V.B.; Adis, J. 1993. On the biology of *Penepodium goryanum* Lepeletier in wooden trap-nests (Hymenoptera: Sphecidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 95: 547-553.
- Garibaldi, L. A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M. A.; Bommarco, R.; Cunningham, S. A., Bartomeus, I. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.

- Garcia, M. V.; Adis, J. 1995. Comportamento de nidificação de *Trypoxylon (Trypargilum) rogenhoferi* Kohl (Hymenoptera, Sphecidae) em uma floresta inundável de várzea na Amazônia Central. *Amazoniana*, 13(3-4), 259-282.
- Gonçalves, R.B. Melo, G.A.R. 2005. A comunidade de abelhas (Hymenoptera, Apidae s.l.) em uma área restrita de campo natural no Parque Estadual de Vila Velha, Paraná: diversidade, fenologia e fontes florais de alimento. *Revista Brasileira de Entomologia*, 49: 557-571.
- Gondim, C.J.E. 1978. *Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. INPA, 83pp.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T.; Ryan, P. D. 2001. PAST-Palaeontological statistics. [www.uv.es/~pardomv/pe/2001\\_1/past/pastprog/past.pdf](http://www.uv.es/~pardomv/pe/2001_1/past/pastprog/past.pdf), acessado em, 25/01/ 2018.
- Imperatriz-Fonseca, V. L.; Nunes-Silva, P. 2010. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro/Bees, ecosystem services and the Brazilian Forest Code. *Biota Neotropica*, 10(4), 59.
- Jambour, J.; Laroca, S. 2004. Uma comunidade de abelhas silvestres (Hymenoptera, Apoidea) de Pato Branco (PR- Brasil): diversidade, fenologia, recursos florais e aspectos biogeográficos. *Acta Biologica Paranaense*, 33 (1-4): 27-119.
- King, C.; Ballantyne, G.; Willmer, P. G. 2013. Why flower visitation is a poor proxy for pollination: measuring single-visit pollen deposition, with implications for pollination networks and conservation. *Methods in Ecology and Evolution*, 4(9), 811-818.
- Klein, A. M.; Vaissiere, B. E.; Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A., Köppen, W. 1936. *Das geographische system der klimare. Hundbuch der Klieatologie, Band I, Teil C, 44pp*
- Kremen, C.; Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313.
- Krug, C.; Garcia, M. V. B.; Gomes, F. B. 2014. A scientific note on new insights in the pollination of guaraná (*Paullinia cupana var. sorbilis*). *Apidologie*, 46(2): 164-166.
- Krug, C.; I. Alves-dos-Santos. 2008. O Uso de Diferentes Métodos para Amostragem da Fauna de Abelhas (Hymenoptera, Apoidea), um Estudo em Floresta Ombrófila Mista em Santa Catarina. *Neotropical Entomology* 37 (3) 265-278.
- Laroca, S. 1995. *Ecologia: Princípios e Métodos*. Vozes, Petrópolis, RJ. 197pp.
- Marques-Souza, A. C.; Miranda, I. P. D. A.; Mouga, C. D. O.; Rabelo, A.; Barbosa, E. M. 2002. Characteristics of pollen collected by five species of Meliponid Bees of Central Amazonia. *Acta Amazonica*, 32(2), 217.

- Michener, C.D. 2007. *The Bees of the World*. 2nd. Baltimor, Ed. Johns Hopkins, 992p.
- Milet-Pinheiro, P.; Schlindwein, C. 2008. Community of bees (Hymenoptera, Apoidea) and plants in an area of Agreste in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52(4): 625-636.
- Morato, E. F.; Campos, L. A. D. O. 2000. Efeitos da fragmentação florestal sobre vespas e abelhas solitárias em uma área da Amazônia Central Effects of forest fragmentation on solitary wasps and bees in an area in Central Amazônia. *Revista Brasileira de Zoologia*, 17(2), 429-444.
- Mouga, D.M.D.S.; Krug, C. 2010. Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em Floresta Ombrófila Densa em Santa Catarina. *Revista Brasileira de Zoologia*, 27: 70-80.
- Mouga, D.M.D.S.; Furtado N., C.; Goudard, B. D.; Krug, C. 2012. Bees and plants in a transition area between atlantic rain forest and araucaria forest in southern Brazil. *Revue D'Écologie*, 67: 313-327.
- Neves, E.L.D.; Viana, B.F. 2002. As abelhas eussociais (Hymenoptera, Apidae) visitantes florais em um ecossistema de dunas continentais no médio Rio São Francisco, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 46(4): 571-578.
- Olesen, J. M., J. Bascompte, H. Elberling, and P. Jordano. 2008. Temporal dynamics in a pollination network. *Ecology* 89:1573–1582.
- Oliveira, M. L.; Campos, L. D. O. 1995. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 12(3), 547-556.
- Oliveira, P.E.; Gibbs, P.E.; Barbosa, A.A. 2004. Moth pollination of woody species in the Cerrados of Central Brazil: a case of so much owed to so few? *Plant Systematics and Evolution*, 245, 41-54.
- 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), 505-518.
- Ollerton, J.; Winfree, R.; Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Ortolan, S.M.L.S.; Laroca, S. 1996. Melissocenótica em áreas de cultivo de macieira (*Pyrus malus* L.) em Lages (Santa Catarina), com notas comparativas e experimento de polinização com *Plebeia emerina* (Friese) (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Biológica Paranaense*, 25: 1-113.

- Pigozzo, C. M.; Viana, B. F. 2010. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. *Oecologia Australis*, 14(1), 100-114.
- Pinheiro-Machado, C.; Alves-dos-Santos, I.; Imperatriz-Fonseca, V. L.; Kleinert, A. D. M. P.; Silveira, F. A. 2002. Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use. *Pollinating Bees, The Conservation Link Between Agriculture and Nature*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 115-129.
- Raven, P.H.; Evert, R.F.; Eichhorn, S. E. 2001. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara, 906pp.
- Rech, A. R.; Lúcia Absy, M. 2011. Pollen sources used by species of Meliponini (Hymenoptera: Apidae) along the Rio Negro channel in Amazonas, Brazil. *Grana*, 50(2), 150-161.
- Ricketts, T. H.; Regetz, J.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A.; Kremen, C.; Bogdanski, A.; Morandin, L. A. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology letters*, 11(5), 499-515.
- Rodarte, A.T.A.; Silva, F.O.; Viana, B.F. 2008. A flora melitófila de uma área de dunas com vegetação de caatinga, estado da Bahia, Nordeste do Brazil. *Acta Botanica Brasileira*, 22: 301-312.
- Sakagami, S. F.; Laroca, S.; Moure, J. S. 1967. Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil. Preliminary report. *Journal of the Faculty of Science*, 16:253-291.
- Schlindwein, C. 1998. Frequent oligolecty characterizing a diverse bee-plant community in a xerophytic bushland of subtropical Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 33: 46-59.
- Schultz, Q.S.; Valois, A.C.C. 1974. *Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro*. Boletim Técnico, IPAAO, 4: 35-36.
- Silveira F.A.; Melo G.A.R.; Almeida, E.A.B. 2002. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, 253pp.
- Tavares, A.M.; Garcia, M.V.B. 2009. *Tripes do guaranazeiro: Liothrips adisi zur Strassen, 1977 (Thysanoptera: Phlaeothripidae, Phlaeothripinae)*. Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 47p.
- TeamCore-R. 2017. R: A language and environment for statistical computing. :R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Au.
- Torezan-Silingardi, H. M. 2012. Flores e animais: uma introdução à historia natural da polinização. In: Del-Claro, K.; Torezan-Silingardi, H. M. 2012. *Ecologia das interações plantas-animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical Books Editora, 336pp.

- Vázquez, D. P.; Blüthgen, N.; Cagnolo, L.; Chacoff, N. P. 2009. Uniting pattern and process in plant–animal mutualistic networks: a review. *Annals of botany*, 103(9), 1445-1457.
- Viana, B. F.; Kleinert, A. M. 2006. Structure of bee-flower system in the coastal sand dune of Abaeté, northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(1), 53-63.
- Waser, N. M.; Ollerton, J. 2006. *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press. 488pp.
- Wiese, H. 1995. *Novo manual de apicultura*. Guaíba: Agropecuaria. 292 p.
- Wilson, E. O. 2012. *Diversidade da vida*. São Paulo, Companhia das Letras, 528p.

**BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DO GUARANAZEIRO (*Paullinia cupana*  
var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) EM MANAUS, AMAZONAS, BRASIL**

*Manuscrito em preparação para Acta Amazônica*

## **Biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) em Manaus, Amazonas, Brasil**

Matheus Montefusco<sup>1\*</sup>, Cristiane Krug<sup>2</sup> e Márcio Oliveira<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Avenida André Araújo, 2936, Petrópolis, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup> Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM-010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil.

\*Autor para correspondência: matheus.montefusco10@gmail.com

**Resumo** – O guaraná pertence à família Sapindaceae, têm antese noturna e depende de vetores de pólen para a polinização. O objetivo deste trabalho foi elucidar lacunas da biologia floral e reprodutiva do guaranazeiro. Os experimentos e testes foram realizados em clones BRS- Maués na Embrapa Amazônia Ocidental em Manaus/AM. Foram avaliadas a receptividade estigmática (peróxido de hidrogênio, peroxitismo KO e polinização manual cruzada), viabilidade polínica (germinação em vitro), o volume e concentração de néctar, a presença de guias de néctar e e osmóforos. O sistema reprodutivo do guaraná foi avaliado por meio de tratamentos de polinização cruzada manual, polinização cruzada natural e autopolinização espontânea, bem como a eficiência dos visitantes florais. As flores de guaraná possuem glândulas produtoras de odor e guia de néctar. Os picos de receptividade estigmática e viabilidade polínica ocorrem por volta das nove horas, período de maior atividade dos visitantes diurnos do guaraná. O guaranazeiro depende totalmente de polinizadores, os frutos e sementes de maior qualidade e mais pesados, foram formados a partir de polinizações realizadas por volta das cinco e nove horas. Este período corresponde ao pico de atividade das abelhas noturnas, *Megalopta* spp., e diurnas como *Melipona* spp. e *Apis mellifera scutellata*.

**Palavras-chave** – Abelhas, guaraná, eficiência, polinização.

**Abstract** – The guaraná belongs to the family Sapindaceae, has nocturnal anthesis and depends on vectors of pollen to the pollination. The aim this work was to elucidate gaps in the floral and reproductive biology of guarana plant. Experiments and tests were carried out on BRS-Maués clones at Embrapa Amazônia Ocidental in Manaus/AM. Stigmatic receptivity (hydrogen peroxide, KO peroxides, and cross-pollination), pollen viability (in vitro germination), volume and concentration of nectar, the presence of nectar guides and osmophores were evaluated. The volume and concentration of nectar were evaluated during the day in bagged flowers. The presence of nectar guides and odor producing glands in pistillate and staminate flowers were evaluated. The guaraná reproductive system was evaluated through hand cross-pollination, natural cross-pollination, and spontaneous self-pollination treatments as well as the efficiency of floral visitors. The period with greater stigmatic receptivity and pollen viability occurs around 9:00 am and period of greater activity of day visitors of guarana. Guaraná plant depends entirely on pollinators, the highest quality and heavier fruits and seeds were formed from pollinations carried out around 5:00 am and 09:00 am. This period corresponds to the greater activity of nocturnal bees, *Megalopta* spp., and diurnal as *Melipona* spp. and *Apis mellifera scutellata*.

**Keywords** - bees, guaraná, efficiency, pollination.

## INTRODUÇÃO

O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) pertence à família Sapindaceae a qual é composta por 1900 espécies e 142 gêneros distribuídos entre quatro subfamílias (Harrington *et al.*, 2005, Thorne e Reveal, 2007, Buerki *et al.*, 2009, 2010). É uma família monofilética (Gadek *et al.*, 1996, Harrington *et al.*, 2005, Buerki *et al.*, 2010) e, predominantemente, distribuída nas regiões tropical e subtropical (Buerki *et al.*, 2010). Acredita-se que a espécie tenha sido domesticada há centenas de anos pelos índios, pelo fato de não ser mais encontrada em estado silvestre. Os botânicos creem que mesmo aquelas plantas achadas em floresta densa são originárias de cultivos indígenas no passado (Nascimento Filho *et al.*, 2001).

O único produtor mundial de guaraná em cultivos extensivos é o Brasil, havendo contudo alguns pequenos cultivos tradicionais na Amazônia venezuelana e peruana. No Brasil, a produção de guaraná teve início no Estado do Amazonas (Castro, 1992), sendo posteriormente estendida para os Estados do Pará, Acre e Rondônia, visando atender à demanda do xarope do guaraná pelas indústrias de refrigerantes gaseificados. Atualmente, o guaraná vem sendo cultivado também nos estados de Mato Grosso e Bahia, sendo este último e o Amazonas os maiores produtores de sementes secas (Homma, 2014). Dessa forma, a produção de guaraná passou a ser uma importante fonte de renda para pequenos produtores rurais, principalmente na região Amazônica, tendo em vista que é uma atividade antiga e que envolve mão de obra familiar; fatores que evidenciam a importância dessa cultura (Tavares e Garcia, 2009).

A espécie guaraná pertence ao gênero *Paullinia*, que possui aproximadamente 39 espécies de importância econômica, distribuídas pela América e África tropicais (Beck, 1990). Quando cultivado em espaços abertos, o guaranzeiro possui a forma de arbusto semi-ereto; já em seu habitat natural, apoia-se nas árvores da floresta, chegando a atingir alturas de até 10 metros. O fruto é relativamente pequeno e, quando maduro, possui uma casca de cor vermelha ou vermelho-alaranjada e polpa branca, deixando à mostra as sementes (Castro, 1992). A abertura das flores de guaraná ocorre durante a noite, iniciando aproximadamente às duas horas da manhã e terminando por volta das 4h30 (Escobar *et al.*, 1984). Schultz e Valois (1974) verificaram que no Amazonas, a proporção de flores estaminadas é 5,54 para cada flor pistilada, já em Moreira Filho *et al.* (1975) foi 6,2: 1; ambos resultados considerados altos. Nas condições ecológicas da Bahia, também foi observada alta proporção de flores masculinas em relação às femininas (5,4: 1) (Pereira e Sacramento, 1987). O período de floração do guaraná varia em média de 5 a 45 dias (Schultz e Valois, 1974). De acordo com Escobar *et al.*, (1984), a floração

ocorre durante o período de seca (julho a setembro) na região Amazônica, aparentemente, sendo uma planta sensível ao hidroperiodismo.

A dioicia temporal foi definida por Cruden e Hermann-Parker (1977) como um sistema reprodutivo no qual há pouca ou nenhuma sobreposição entre a apresentação de flores estaminadas e pistiladas em um mesmo indivíduo. Nesse sistema não ocorre autopolinização (Bawa, 1977; Cruden, 1988), impedindo a ocorrência de geitonogamia (polinização entre flores de um mesmo indivíduo). Em plantas com dioicia temporal há ocorrência de polinização cruzada, sendo necessário a visita de polinizadores para transferir pólen das flores estaminadas para flores pistiladas, aumentando assim a variabilidade genética na população (Bawa, 1977; Cruden e Hermann-Parker, 1977; Cruden, 1988).

O sistema reprodutivo de dioicia temporal observado no guaraná foi descrita também para outras espécies da família Sapindaceae, a exemplo de *Serjania erecta* (Lenza e Ferreira, 2000), *Cupania guatemalensis* (Bawa, 1977), *Urvillea ulmacea*, *Litchi chinensis* e *Sapindus emarginatus* (Cruden, 1988), *Cupania emarginata*, *Paullinia coriacea*, *P. weinmanniaefolia*, *Serjania cuspidata*, *S. dentada*, *S. eucardia* (Ormond *et al.*, 1991 apud Lenza e Ferreira, 2000). Assim como as espécies citadas acima, o guaraná depende de vetores de grão de pólen para a realização da polinização (Schultz e Valois, 1974), sendo esta atribuída à insetos, principalmente abelhas (Gondim, 1978; Escobar *et al.*, 1984; Ferreira, 2003; Krug *et al.*, 2014)

Entender as relações entre plantas e polinizadores vem se tornando cada vez mais necessário frente ao declínio das populações de alguns polinizadores ou mesmo do iminente desaparecimento de outros (Biesmeijer *et al.*, 2006; Girão *et al.*, 2007; Becher *et al.*, 2013). De acordo com Potts *et al.* (2010), o declínio dos polinizadores é causado por diversos fatores, como a perda do habitat, patógenos, competição com espécies introduzidas, mudanças climáticas e uso inadequado de pesticidas. Em um contexto de culturas agrícolas, o declínio de polinizadores pode afetar de forma direta ou indireta a quantidade e a qualidade de alimentos produzidos (Gallai *et al.*, 2009). Deste modo, é vital conhecer os polinizadores efetivos das culturas agrícolas, a fim de estabelecer estratégias amigáveis que contribuam para a permanência deles em áreas cultivadas, promovendo a polinização e a consequente sua reprodução. Portanto, este estudo teve como objetivo elucidar lacunas da biologia floral e reprodutiva do guaraná, sendo necessário (1) determinar o período de receptividade estigmática e viabilidade polínica do guaraná; (2) avaliar o volume e concentração de néctar durante o período de antese de flores isoladas; (3) verificar a presença de osmóforos e guias de néctar em

flores pistiladas e estaminadas; (4) conhecer seu sistema reprodutivo; (5) avaliar a eficiência na polinização dos seus visitantes florais noturnos e diurnos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado em uma área de cultivos experimentais de guaraná de manejo convencional da Embrapa Amazônia Ocidental. A área está localizada às margens da rodovia AM 010 (2°53'29.19" S/59°58'40.58" O), km 29, município de Manaus, Amazonas, Brasil (Figura 1). O clima é considerado tropical úmido, tipo AM, com temperatura média anual de 26,5 °C (Köppen, 1936). O período chuvoso ocorre geralmente entre os meses de janeiro a junho, ocorrendo uma redução notória dos índices pluviométricos entre os meses de julho a setembro (Antonio, 2017).

### Caracterização da área de estudo

Os experimentos de biologia floral e reprodutiva foram realizados em um cultivo experimental sob manejo convencional. Neste cultivo as plantas são oriundas de propagação vegetativa do material BRS-Maués que foi implantado em 2003 com um total de 1593 plantas, as quais foram cultivadas em espaçamento de 5 m x 5 m, num total de 276 plantas. Atualmente, nessa área são mantidas 92 plantas (circuladas em amarelo) deste material para a realização de experimentos (Figura 1). A área total possui aproximadamente 7,63 hectares e está localizada às margens da rodovia AM 010 (2°53'29.19" S/59°58'40.58" O), km 29, município de Manaus, Amazonas, Brasil.

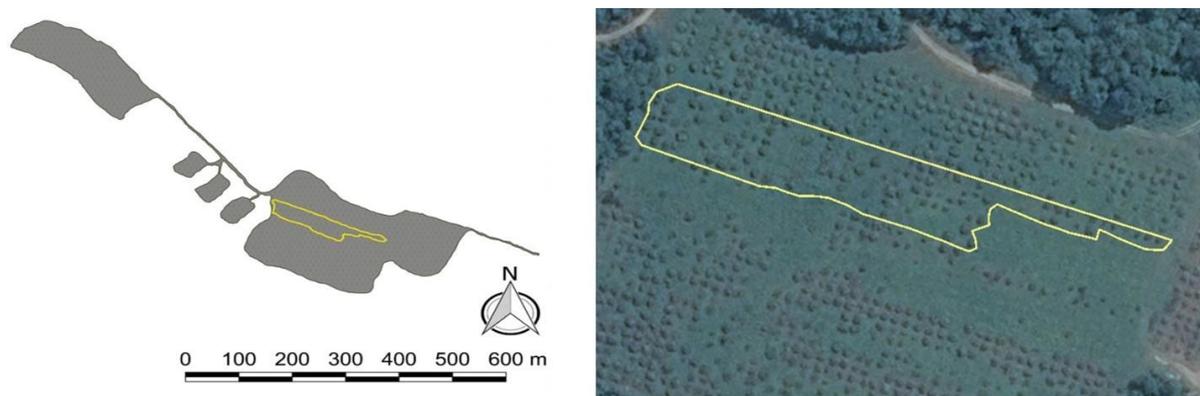


Figura 1. Localização do plantio de clone BRS-Maués (demarcada em vermelha), na área de cultivos experimentais de guaraná nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. Fonte: programa Google, modificado de Google Earth

### Experimentos de biologia floral e reprodutiva do guaraná

Os experimentos de biologia floral no cultivo de guaraná foram realizados nos períodos de floração dos anos de 2016 e 2017, que ocorreram entre os meses julho e setembro, período esse de menor precipitação nas proximidade do cultivo (Antonio, 2017). Para a realização dos experimentos foram utilizados apenas os clones BRS-Maués desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento do Guaraná da Embrapa Amazônia Ocidental (Figura 2). O clone BRS-Maués apresenta ampla adaptabilidade em diferentes vegetações e sistemas de cultivo, boa produtividade e elevada estabilidade fenotípica, sendo o clone mais indicado para o cultivo de guaraná (Nascimento Filho *et al.*, 2009).



Figura 2. Guaranazeiro em cultivo experimental nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas, Brasil. A- Clone BRS-Maués B- Fase de frutificação C- Inflorescência. Fonte: Montefusco, M. 2016.

## **Biologia floral**

Alguns aspectos da biologia floral do guaraná foram investigados e avaliados através de testes e experimentos, sendo utilizados diferentes protocolos para avaliar aos seguintes aspectos de sua biologia floral:

### **Receptividade do estigma**

A receptividade do estigma foi verificada por meio de testes com reagentes (Dafni e Maués 1998) e através de experimentos de polinização cruzada manual, ambos realizados com flores ensacadas em pré-antese.

No experimento com reagentes foram realizados dois tratamentos, um com Peroxitesmo KO e outro com peróxido de hidrogênio (3%) (Dafni e Maués, 1998). Para a realização dos experimentos com reagentes, foram estabelecidas 6 avaliações com duração de 30 minutos realizadas nos seguintes horários ao longo de único dia: 3:00-3:30 h; 5:00-5:30 h; 7:00-7:30 h; 9:00-9:30 h; 11:00-11:30 h e 13:00-13:30h. Em cada tratamento foram utilizadas dez flores, por avaliação, de 5 plantas. As flores foram coletadas antes dos 30 minutos da avaliação, acondicionadas em placas de Pétri com papel umedecido e levadas ao laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental. Durante o período de avaliação, as soluções foram aplicadas na região estigmática, sendo utilizadas flores diferentes para cada tratamento. Após 2 minutos de aplicação, foi feita a avaliação de receptividade das flores dos dois tratamentos, sendo considerado receptivo quando havia uma reação no estigma da solução com enzimas. Adicionalmente, foram feitos testes de polinização cruzada manual em diferentes horários, que podem indicar a receptividade das flores pistiladas de guaraná ao longo do dia. Estes experimentos estão descritos mais detalhadamente no tópico 2.6 sobre sistema reprodutivo.

### **Viabilidade polínica**

Para avaliar a viabilidade polínica, foi realizado um experimento de germinação de grãos de pólen de guaraná *in vitro*. A germinação foi avaliada ao longo do dia, sendo estabelecidas 6 avaliações com duração de 30 minutos, realizadas nos seguintes horários ao longo de um único dia: 3:00-3:30 h; 5:00-5:30 h; 7:00-7:30 h; 9:00-9:30 h; 11:00-11:30 h e 13:00-13:30 h. Em cada avaliação foram realizadas 10 repetições, utilizando 20 flores, duas flores por repetição, de 5 guaranazeiros. A germinação do pólen *in vitro* foi avaliada utilizando meio de cultura sólido preparado com ágar (1,2 g/100 mL) um dia antes da realização do experimento (Alvarado

*et al.*, 2000). O meio de cultura foi preparado com 1,2 g de ágar e 8,0 g de sacarose diluídos em 92 mL de uma solução de ácido bórico (2 mL/L) e nitrato de cálcio (3 mL/L), ambos diluídos em 1 litro de água destilada (Dafni *et al.*, 2005). Após o preparo, o meio de cultura foi aquecido em um micro-ondas e distribuído em placas de Petri para solidificação e resfriamento. No campo, as flores ensacadas em pré-antese foram coletadas com auxílio de uma pinça, acondicionadas em placas de Petri com papel umedecido e levadas ao laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Ocidental. O pólen foi aspergido sobre a superfície do meio com auxílio de alfinetes entomológicos, procedimento que durou cerca de 30 minutos. As placas com meio de cultura e pólen foram incubadas a 28 °C em uma estufa BOD (Biological Oxygen Demand) durante 24 horas. Após o período de incubação, os grãos de pólen foram fotografados e contabilizados os germinados e não-germinados em uma amostra de 100 grãos. Foram considerados germinados os grãos de pólen que apresentaram o comprimento do tubo polínico igual ou superior ao diâmetro do próprio grão de pólen.

A metodologia descrita acima para avaliar a viabilidade polínica foi definida após vários testes preliminares. Foram realizados um total de 12 pilotos para definir o meio de cultura, concentração de sacarose, temperatura e período de incubação adequados para germinação dos grãos de pólen de guaraná. Os pilotos foram realizados através de testes de germinação *in vitro* com meio de cultura líquido contendo ácido bórico (2 mL/L) e nitrato de cálcio (3 mL/L), ambos diluídos em 1 litro de água destilada (Dafni *et al.*, 2005). Também foi utilizado Ágar como meio de cultura sólido com a proporção de 1,2 g diluído em 100 mL de água destilada (Alvarado *et al.*, 2000). Os meios de cultura líquido e sólido foram testados em diferentes tratamentos, realizados separados e juntos em uma mesma solução; também foram testados sem e com diferentes concentrações de 0 até 30% de sacarose. A escolha dos parâmetros de temperatura (25 até 30 °C) e do período de incubação (2 até 24 horas) se baseou no início do processo de abertura das flores e período de oxidação das flores observadas em campo. Para testar o meio de cultura líquido, foram depositados grãos de pólen em lâmina de microscopia com 20 µL do meio de cultura sem e com diferentes concentrações de sacarose. As lâminas foram colocadas em câmara úmida (placa de Petri com papel filtro umedecido) e incubadas em câmara de BOD a 25, 28 e 30 °C por 2, 4, 6, e 24 horas. Já o meio de cultura sólido, sem e com diferentes concentrações de sacarose, foi testado em placa de Petri, sendo depositado pólen no meio com auxílio de alfinetes entomológicos. As placas com meio de cultura de pólen foram colocadas em câmara de BOD e avaliadas nas mesmas temperaturas e períodos de incubação utilizados para meio de cultura líquida.

### **Volume e concentração de néctar**

Para avaliar o volume e concentração de néctar, foram ensacadas inflorescências com flores estaminadas e pistiladas em pré-antese, com o intuito de evitar o contato de insetos que utilizam recursos florais. Foram estabelecidas 6 avaliações com duração de 30 minutos, realizadas nos seguintes horários de um único dia: 3:00-3:30 h; 5:00-5:30 h; 7:00-7:30 h; 9:00-9:30 h; 11:00-11:30 h e 13:00-13:30 h. Foram realizadas 10 repetições em cada avaliação de 30 minutos, em cada repetição foram utilizadas 5 flores. As flores utilizadas foram coletadas de cinco plantas, de cada planta foram coletadas 10 flores (duas repetições), totalizando 50 flores por avaliação. O volume das cinco flores que compõem uma repetição foram mensuradas com auxílio de um microcapilar de 0,75 µL graduado. Já a concentração de néctar foi mensurada utilizando um refratômetro manual portátil, capaz de mensurar de 0 a 32 % de solutos refratáveis presentes no néctar.

### **Presença de osmóforos e guias de néctar**

Foram avaliadas a presença de osmóforos e guias de néctar em flores estaminadas e pistiladas de guaraná. Os osmóforos são glândulas secretoras de odor presentes em estruturas florais, e guias de néctar são regiões nas pétalas com pigmentação diferenciada que indicam para os insetos a presença de néctar. Tais estruturas influenciam no comportamento dos insetos que estão à procura de recompensas florais como néctar e pólen. Os osmóforos foram evidenciados utilizando-se solução de vermelho-neutro 1:10.000 (Kearns e Inouye, 1993). Foram coletadas 10 flores pistiladas e 10 estaminadas de plantas diferentes, sendo submersas na solução durante duas horas. Posteriormente, as flores foram lavadas em água destilada e dissecadas sob microscópio estereoscópio (lupa) para avaliar a presença de osmóforos indicados por regiões coradas de vermelho intenso.

Para avaliar a presença de guia de néctar foram utilizadas 10 flores pistiladas e 10 estaminadas, as mesmas foram colocadas em uma câmara hermeticamente fechada contendo um chumaço de algodão com 1 mL de hidróxido de amônio. Após 10 minutos as flores foram retiradas para avaliações sob microscópio estereoscópio da presença de guias de néctar nas pétalas das flores de guaraná.

### **Sistemas reprodutivos**

Foram avaliados três tipos de sistema reprodutivos: polinização cruzada manual, polinização cruzada natural e autopolinização espontânea. Para a realização dos experimentos

de polinização cruzada manual e autopolinização espontânea, foram utilizadas inflorescências ensacadas em fase de pré-antese com o intuito de evitar o contato de insetos.

A polinização cruzada manual foi testada em diferentes horários ao longo do dia, sendo estabelecidas 6 avaliações com duração de 30 minutos realizadas nos seguintes horários: 3:00-3:30 h; 5:00-5:30 h; 7:00-7:30 h; 9:00-9:30 h; 11:00-11:30 h e 13:00-13:30 h. Em cada avaliação foram realizadas 3 repetições com 50 flores por ramos polinizadas manualmente, para cada flor feminina foi utilizada uma flor masculina de outro guaranazeiro. Em cada avaliação foram polinizadas manualmente 150 flores, totalizando 900 flores avaliadas. A polinização manual cruzada foi realizada com auxílio de pinças, sendo as anteras com pólen provenientes de flores de outros indivíduos passadas várias vezes sobre os estigmas da flor avaliada, sendo utilizada uma flor estaminada para cada flor pistilada avaliada.

A polinização cruzada natural foi avaliada através de 900 flores em antese marcadas com o intuito de avaliar o desenvolvimento de frutos em condições naturais. Foram realizadas 18 repetições, sendo consideradas repetições independentes inflorescências de ramos diferentes avaliadas com intervalos de um a dois dias. Em cada repetição foram marcadas com fitilhos 50 flores pistiladas expostas às visitantes florais durante a antese, sendo marcadas apenas flores com o estigma viável para polinização.

Para avaliar a autopolinização espontânea, 900 botões florais foram marcados com fitilhos e permaneceram ensacados por três dias para verificar a formação de frutos sem auxílio de agentes polinizadores para transferir o pólen. Assim como os outros experimentos, foram realizadas 18 repetições, sendo consideradas repetições independentes inflorescências de ramos diferentes avaliadas com intervalos de um a dois dias. Em cada repetição foram marcadas com fitilhos 50 flores pistiladas ramos diferentes, sendo realizadas mais de uma repetição por planta, mas em horários diferentes.

Após duas semanas, os frutos formados em todos os sistemas reprodutivos avaliados foram quantificados para posterior comparação com a quantidade de frutos maduros coletados. Todos os frutos formados a partir dos diferentes sistemas citados acima foram coletados quando maduros, com a semente exposta (“fruto olhado”). No laboratório, os frutos foram pesados individualmente com auxílio de uma balança de precisão. As sementes de cada fruto também foram quantificadas, pesadas individualmente e secadas em estufa a 60 °C durante 3 semanas. Através de comparações de médias, as quantidades e peso dos frutos e sementes formados a partir dos cruzamentos realizados manualmente em diferentes horários avaliados foram comparados para verificar se havia diferença entre os horários avaliados.

## **Eficiência das abelhas visitantes florais na polinização guaraná**

Durante as duas últimas semanas do período de floração do guaraná em setembro de 2017, foram realizadas avaliações sobre a eficiência dos visitantes florais de hábito noturno/crepuscular e diurno na polinização do guaraná. Com base no trabalho de Krug *et al.*, (2014), que avaliaram a frequência dos visitantes florais do guaraná, as avaliações dos visitantes florais noturnos/ crepusculares foram iniciadas às 5:00 e finalizadas às 06:00, horários que correspondem ao pico de visitação dos respectivos visitantes do guaraná. Os visitantes diurnos foram avaliados entre 8:00 e 9:00 horas intervalo com maior número de visitantes diurnos observados em campo. Foram avaliados como visitantes noturnos as abelhas *Megalopta* spp., visitante crepuscular *Ptiloglossa* sp. e como visitantes diurnos, com base em observações em flores e na literatura, *Apis mellifera scutellata* e as abelhas sem ferrão *Melipona* spp. (Schultz e Valois, 1974; Gondim, 1978; Escobar *et al.*, 1984). A eficiência foi avaliada por meio de dois tratamentos em inflorescências com flores femininas ensacadas previamente durante a fase de botões florais: (1) após a primeira visita de uma determinada espécie avaliada, a flores visitadas foram marcadas, ensacadas e a formação do fruto acompanhada; (2) o mesmo procedimento foi feito após duas visitas da mesma espécie avaliada (Ne'eman *et al.*, 2010). Após 14 dias foi feita a contagem dos frutos formados e feito o acompanhamento da formação até a colheita. Com auxílio de balanças de precisão, os frutos maduros foram pesados; também foram contadas e pesadas as sementes em cada fruto formado a partir de da visita de um polinizador avaliado.

## **RESULTADOS**

O guaranazeiro apresenta dioiccia temporal, sendo necessário vetores de pólen para realização do processo de polinização. Os resultados obtidos neste capítulo respondem algumas questões sobre sua biologia floral e reprodutiva, sendo descritas de acordo com os experimentos e testes propostos, como segue.

### **Receptividade do estigma**

A solução de peróxido de hidrogênio (3%) foi aplicada na região estigmática das flores e reagiu com enzimas presentes no estigma das 60 flores avaliadas, portanto 100% das flores apresentaram resultados positivos para receptividade do estigma floral. Já no teste com a solução com Peroxtesmo KO, o resultado foi negativo, pois em nenhuma das dez repetições realizadas a solução reagiu em contato com a região estigmática. Os resultados dos testes

mostraram-se duvidosos para avaliar a receptividade do estigma das flores de guaraná, pois não foi possível mensurar a acurácia de ambos para inferir o período de maior receptividade das flores pistiladas ao longo do dia.

Através do experimento de polinização manual cruzada, foi possível inferir de forma indireta que o estigma estava receptivo em praticamente todos os horários avaliados ao longo do dia. Foi observado que nos cruzamentos realizados nas avaliações iniciadas às 5:00 e 9:00, houve a maior quantidade de frutos maduros coletados. No horário das nove também foi observada a maior quantidade de vigamento de frutos formados até alcançar a maturação, sendo coletados 92% dos frutos formados (Figura 3).

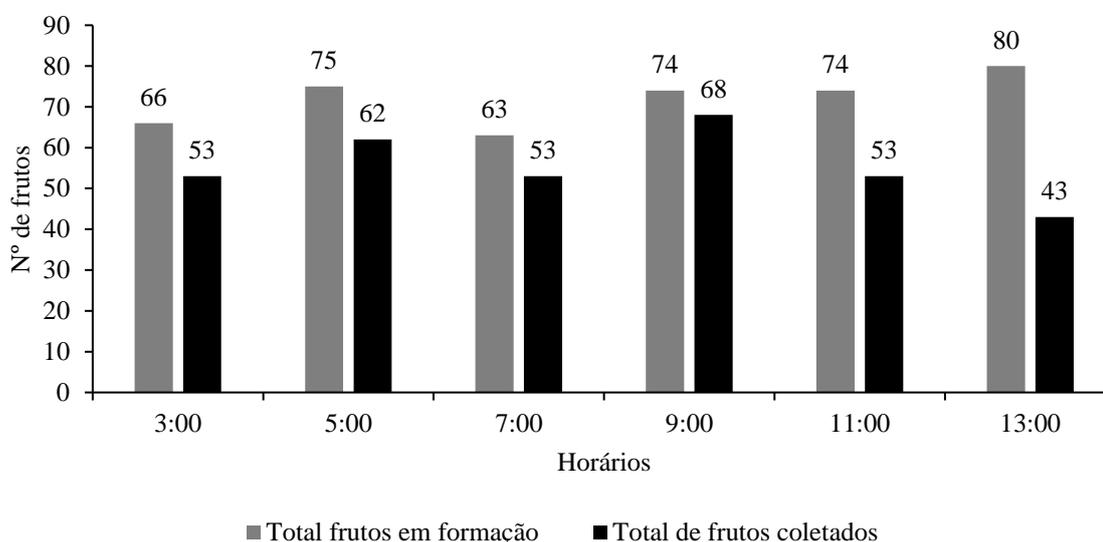


Figura 3. Total de frutos em formação e formados até maturação em cada horário avaliado ao longo do dia.

### Viabilidade polínica

Os testes pilotos demonstraram que o meio de cultura sólido utilizando Ágar (1,2 g/100 mL), ácido bórico (2 mL/L) e nitrato de cálcio (3 mL/L) foi o método mais eficiente para germinar grãos de pólen de guaraná, sendo mais eficiente na concentração de 8% de sacarose, incubando a 28 °C durante 24 horas. Portanto, este meio, concentração de sacarose, temperatura e período de incubação foram utilizados para avaliar a germinação *in vitro* dos grãos de pólen de guaraná ao longo do dia.

O experimento de germinação dos grãos de pólen demonstrou que existe uma grande variação ao longo do dia, com taxas que vão de 4% a 35,5% nos diferentes horários avaliados.

As maiores taxas de germinação foram diurnas, com pico de germinação na avaliação realizada às 9:00 com 35,5% de grãos pólen germinados, diminuindo para 33,3% na avaliação das 11:00 e 18,6% na avaliação da 13:00, última avaliação ao longo do dia (Figura 4). Apesar da abertura das flores ser noturna, por volta das 2:00, a menor taxa de germinação dos grãos de pólen foi de 4% na avaliação noturna das 3:00, primeira avaliação.

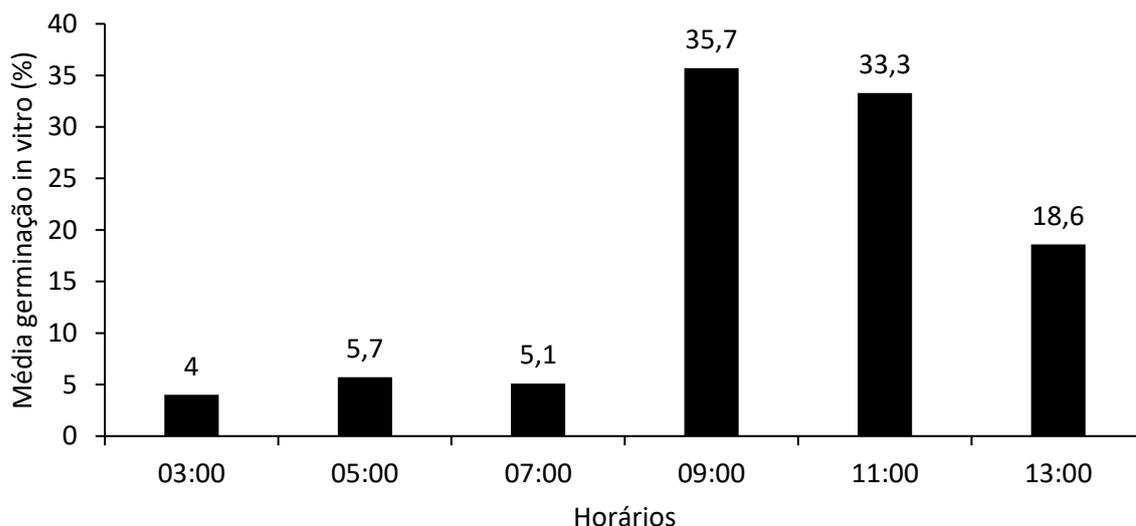


Figura 4. Médias de germinação de grãos de pólen de guaraná avaliadas em diferentes horários ao longo do dia.

### **Volume e concentração de néctar**

O volume e concentração de solutos de néctar tiveram uma grande variação ao longo dos horários avaliados, mas não diferiram estatisticamente entre os horários avaliados. Ambos tiveram um aumento ao longo do dia com picos de volume e concentração em diferentes horários. O néctar é produzido e armazenado em pequenas quantidades, a partir da primeira avaliação das 3:00 h, com um volume médio acumulado de 0,020  $\mu\text{L}$  em flores estaminadas e 0,038  $\mu\text{l}$  em flores pistiladas. O volume de néctar em flores estaminadas foi maior (0,1  $\mu\text{L}$ ) no horário das 7:00 h e nas flores pistiladas foi de 0,076, na avaliação das 11:00 h. Tanto em flores estaminadas e pistiladas, foi observada uma tendência em aumento do volume até a avaliação das 7:00 às 7:30, diminuindo nos horários posteriores. Quando comparados os resultados obtidos de flores estaminadas e flores pistiladas, foi possível observar que o volumes de néctar em flores pistiladas é quase o dobro do volume em flores estaminadas ao longo dos horários avaliados (Figura 5).

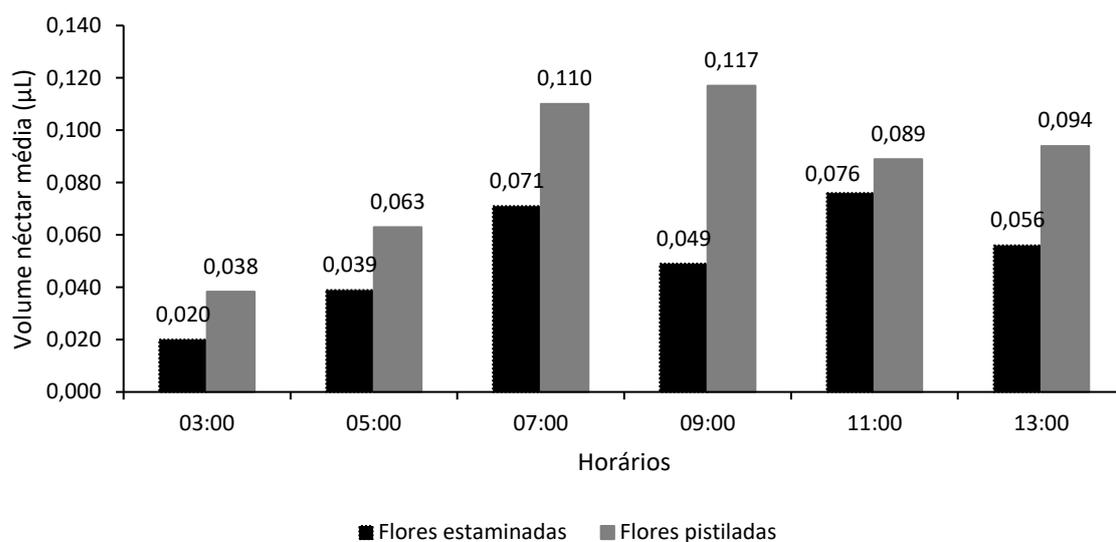


Figura 5. Volume de néctar de flores estaminadas e pistiladas de guaraná avaliado em diferentes horários ao longo do dia.

Quando comparados os resultados obtidos de flores estaminadas e flores pistiladas, foi possível observar a variação da concentração de solutos presentes no néctar ao longo dos horários avaliados. A concentração de solutos em néctar aumentou gradativamente ao longo dos horários avaliados, tanto em flores pistiladas como estaminadas, sendo que o pico de concentração foi maior as 11 e 13 horas. Na avaliação das 3:00 h não foi possível mensurar a concentração de néctar de flores pistiladas devido ao baixo volume encontrado nesse horário. Nos horários das 5:00, 7:00 e 9:00 horas, a concentração foi muito similar, mas nos horários seguintes ela tendeu a ser maior em flores pistiladas (Figura 6), horário que apresentam maior volume quando comparada às flores estaminadas.

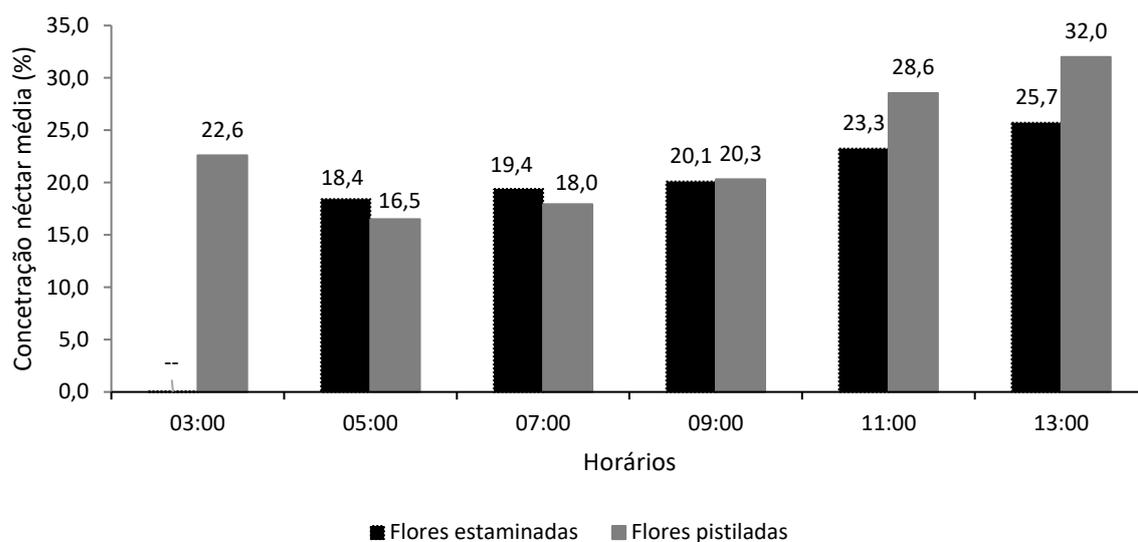


Figura 6. Concentração de solutos em néctar de flores estaminadas e pistiladas de guaraná avaliada em diferentes horários ao longo do dia.

### Presença de osmóforos

Nas flores estaminadas foram observadas glândulas em grande quantidade nas pétalas, principalmente na parte externa, que provavelmente se tratam de osmóforos (glândulas produtoras de odor) (Figura 7C). As glândulas foram observadas em todas as flores estaminadas avaliadas (Figura 7A). Essas glândulas também foram observadas nas sépalas e nos estames expostos (cinco estames) das flores estaminadas, no entanto em quantidade menor quando comparada com as pétalas. Nas flores pistiladas, também foram observadas as mesmas glândulas presentes nas sépalas e principalmente nas pétalas (Figura 7B). A região estigmática do pistilo também apresentou coloração bem evidente, reagindo com a solução de vermelho neutro utilizada neste experimento (Figura 7D).

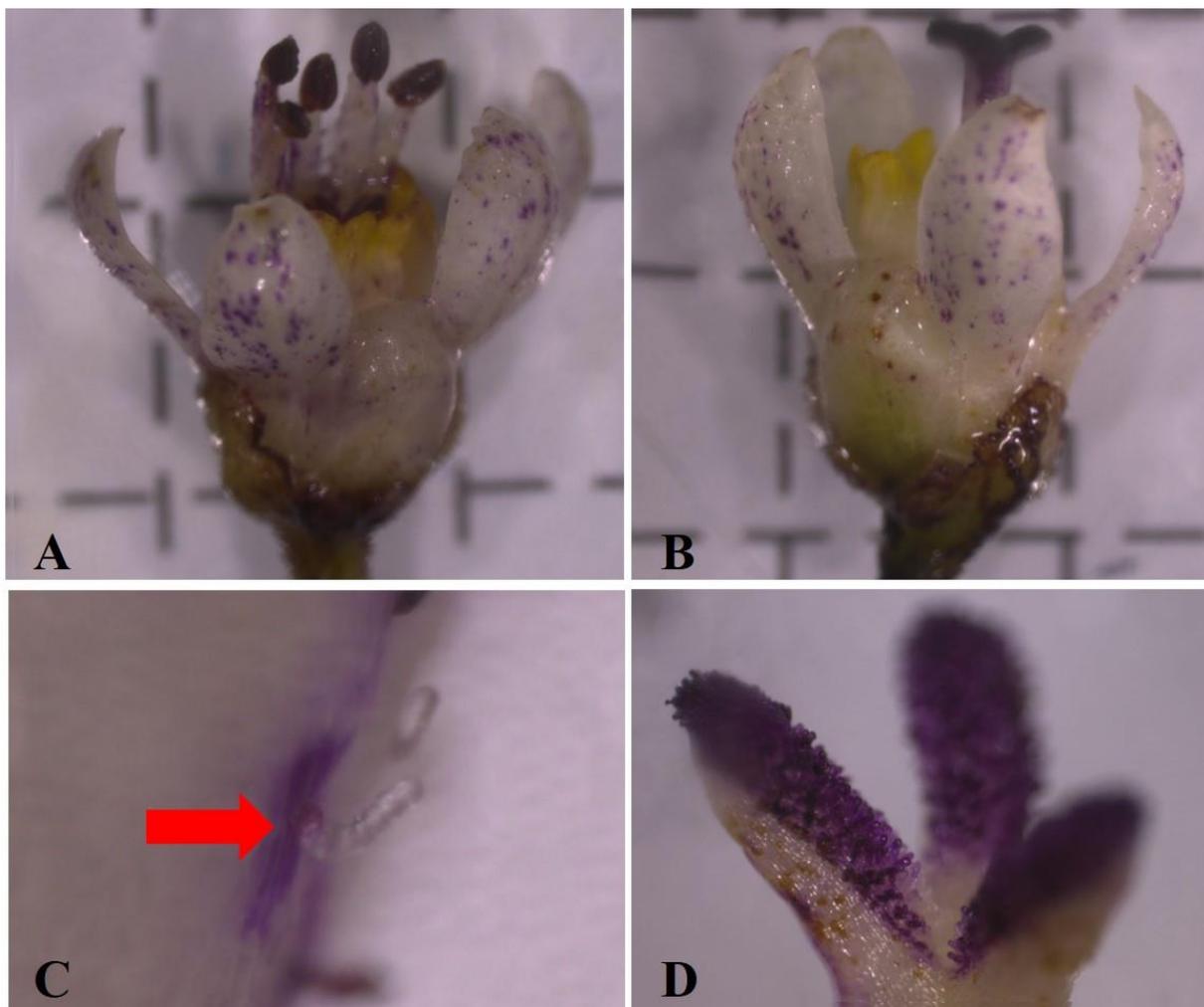


Figura 7. Avaliação da presença de osmóforos em flores de guaraná: A- Flor estaminada; B Flor pistilada; C- Glândulas coradas; D- Região estigmática do pistilo corada com vermelho neutro.

### **Presença de guia de néctar**

Apesar da acelerada degradação das flores quando em contato com o hidróxido de amônio, foi possível observar em todas as 10 flores estaminadas e 10 pistiladas, guias de néctar nas quatro pétalas (Figura 8A e B). As guias de néctar foram observadas na parte interna das flores avaliadas, localizados longitudinalmente no centro das pétalas (Figura 8C e D).

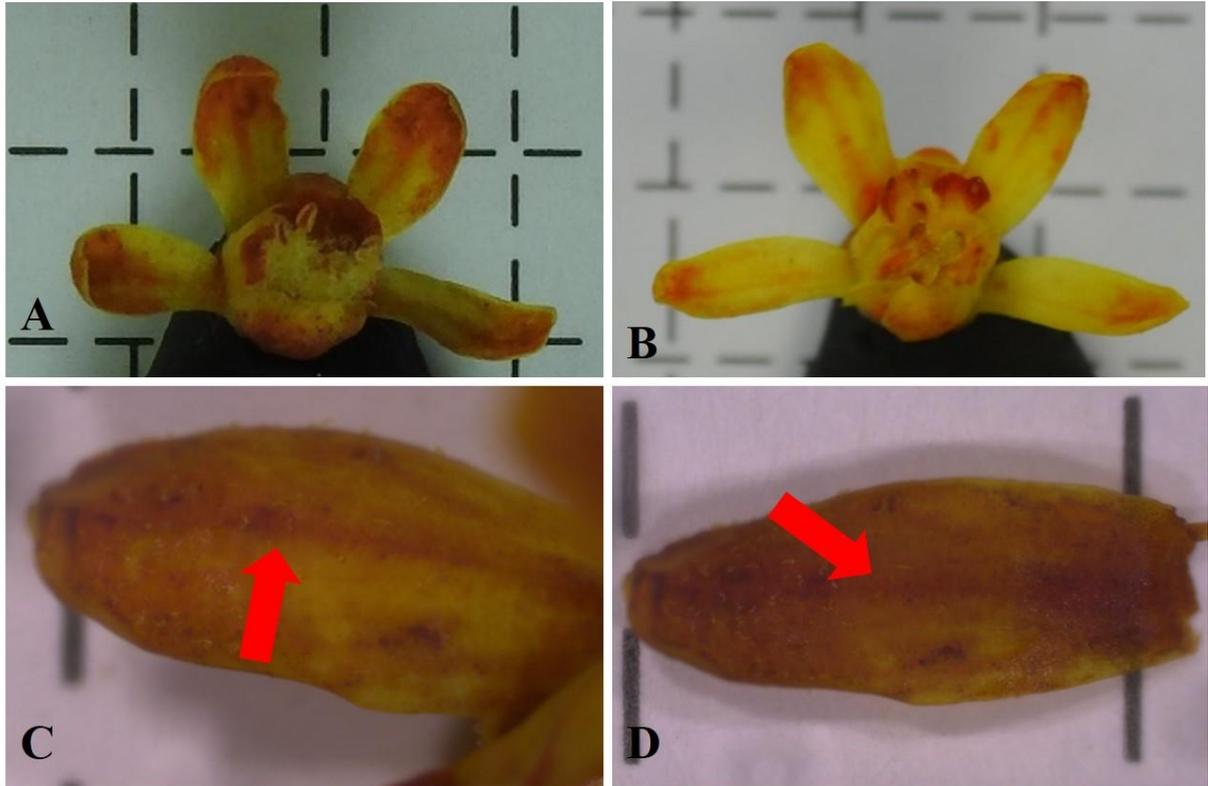


Figura 8. Avaliação presença de guias de néctar em flores de guaraná: A- Flor estaminada; B- Flor pistilada; C e D- Pétalas com guia de néctar.

### Sistemas reprodutivos

Foram avaliadas 900 flores divididas em 6 avaliações referentes à polinização manual cruzada, 900 para polinização cruzada natural e 900 para autopolinização espontânea. A polinização cruzada apresentou uma maior quantidade de frutos formados 332, representando 36,8 % das 900 flores polinizadas manualmente (Figura 9).

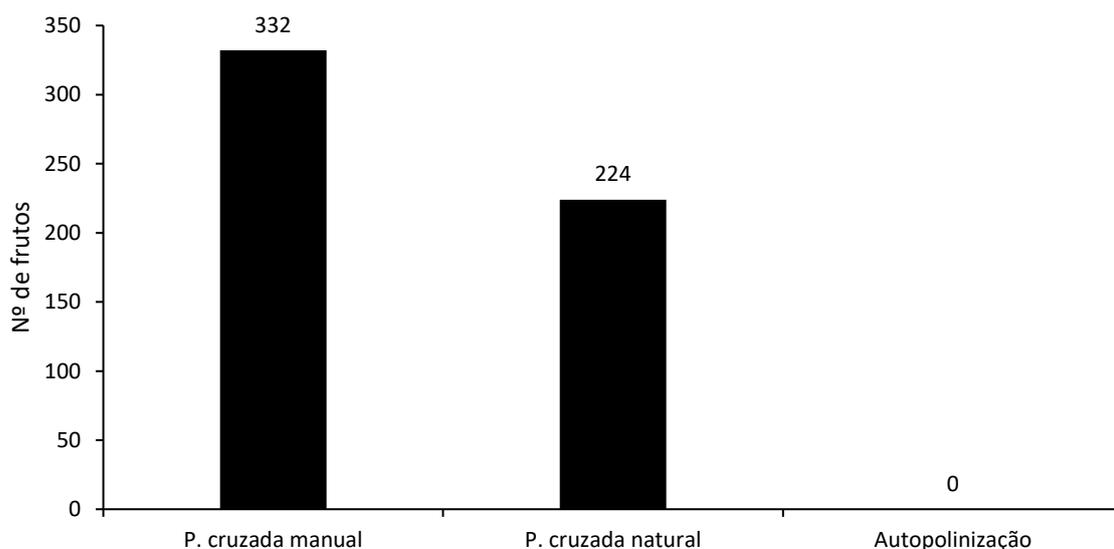


Figura 9. Quantidade de frutos maduros nas avaliações de polinização cruzada manual, polinização cruzada natural e autopolinização.

As médias de pesos dos frutos formados a partir de polinização cruzada manual foi 3,37 g e a das sementes foi 0,68 g, médias maiores que as dos frutos e sementes formados a partir de polinização cruzada natural, sendo 2,84 g e 0,66 g, respectivamente. Na polinização cruzada manual foi observada uma grande variação no peso dos frutos e sementes oriundos de cruzamentos realizados ao longo do dia. Os frutos mais pesados são de flores polinizadas às 5:00, mas as sementes mais pesadas foram dos frutos oriundos de flores polinizadas manualmente das 9:00 as 9:30 h (Figura 10).

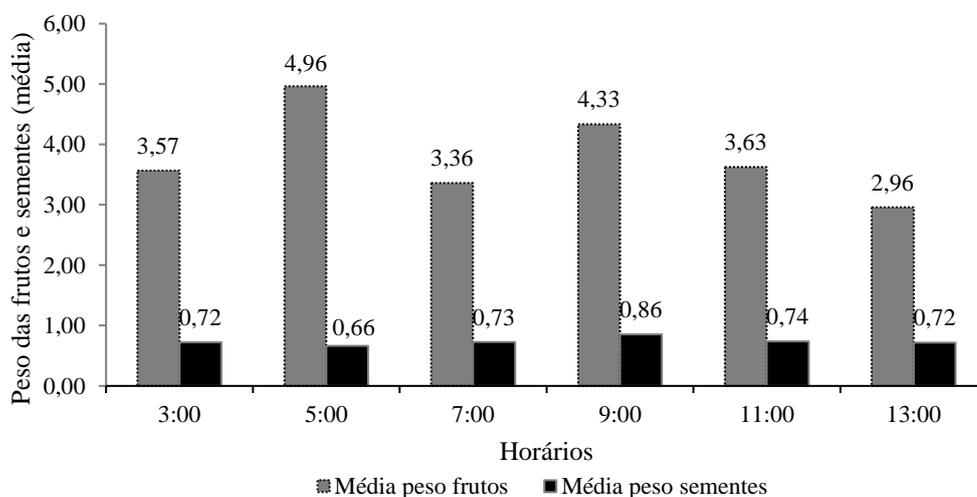


Figura 10. Peso médio de frutos coletados e sementes oriundos de flores polinizadas em cada horário.

### Eficiência das abelhas visitantes florais na polinização guaraná

No teste de eficiência dos visitantes florais foram realizadas 10 horas de avaliações dos visitantes florais noturnos /crepusculares em flores pistiladas de guaraná. Do mesmo modo, foram realizadas 10 horas de avaliações dos visitantes diurnos, totalizando 20 horas de avaliações de eficiência. No primeiro caso foram observadas somente abelhas *Megalopta* spp. Abelhas *Ptiloglossa* sp. foram observadas na área durante as avaliações, entretanto não pousaram nas flores que estavam sendo avaliadas. Foi registrado um total de 63 flores visitadas uma vez e uma flor visitada duas vezes por *Megalopta* spp., em todas as visitas as abelhas apresentavam o comportamento de caminhar sobre a inflorescência para coleta de néctar. Durante as avaliações diurnas foram observadas em flores as espécies *Apis mellifera scutellata*, *Melipona (Michmelia) fulva* e *Melipona (Michmelia) seminigra*, sendo registradas 116 flores visitadas uma vez e 27 flores visitadas duas vezes (Figura 11). Todas as abelhas diurnas apresentaram o comportamento de caminhar na inflorescência e coletar néctar de várias flores.

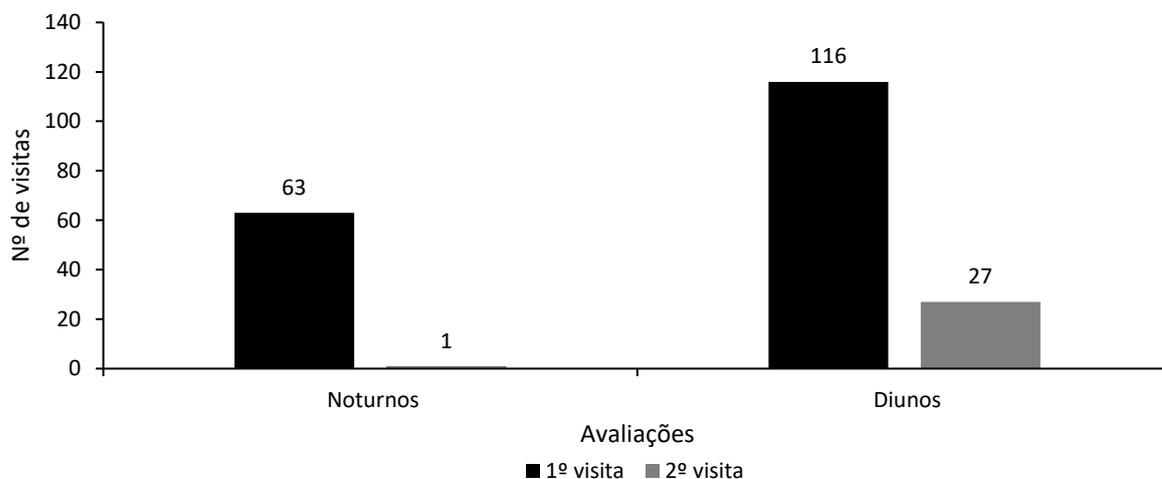


Figura 11. Número de flores visitadas 1 e 2 vezes em teste de eficiência de visitantes florais diurnos/crepusculares e diurnos na polinização do guaranazeiro.

Na tabela 1 são apresentados os resultados dos testes de eficiência na polinização dos visitantes florais após uma e duas visitas. As abelhas que visitaram mais flores durante as avaliações foram *Apis mellifera scutellata* e *Megalopta* spp., visitando 73,7% das flores avaliadas. Em todas as espécies de abelhas avaliadas, houve formação de frutos a partir de flores visitadas, sendo *A. mellifera* a espécie com o maior número de visitas (N=86) e de frutos formados (N=17) (Tabela 1). Porém, nenhum dos frutos formados alcançou a maturação. Somente as espécies de *Megalopta* spp. e *Melipona (Michmelia) fulva* foram eficientes para a

formação de frutos até a sua maturação. As abelhas mais eficientes na formação de frutos até a maturação com apenas uma visita foi *Megalopta* spp. (N=4), sendo frutos de maior qualidade, com uma média de sementes de 2,75, peso médio do fruto e sementes de 3,14 e 0,80 g, respectivamente, médias superiores aos frutos formados a partir de flores visitadas por *Melipona (Michmelia) fulva* (N=2), com média de sementes por frutos de 1,5 e peso médio dos frutos e sementes de 2,01 e 0,66 g. *Melipona (Michmelia) seminigra* foi a espécie menos ativa durante as avaliações de eficiência e não houve frutos formados até a maturação a partir de flores visitadas por essa espécie.

Tabela 1. Teste de eficiência de polinização dos visitantes florais em guaraná através da formação de frutos com uma e duas visitas (N = número de flores), realizadas na área de cultivos experimentais de guaraná nas dependências da Embrapa Amazônia Ocidental, Rodovia AM 010, Km 29 Manaus, Amazonas, Brasil, entre o período setembro a dezembro de 2017.

Espécies de abelhas visitantes	Frutos formados		Frutos maduros	
	1 visita (N)	2 visitas (N)	1 visita (N)	2 visitas (N)
<i>Apis mellifera scutellata</i>	14 (68)	3 (18)	0 (68)	0 (18)
<i>Megalopta</i> sp.	7 (63)	0 (1)	4 (63)	0 (1)
<i>Melipona (Michmelia) fulva</i>	4 (35)	2 (9)	1 (35)	1 (9)
<i>Melipona (Michmelia) seminigra</i>	2 (13)	0 (0)	0 (13)	0 (0)

## DISCUSSÃO

O sistema reprodutivo de polinização cruzada depende de polinização observado no guaraná foi descrito também para outras espécies da família Sapindaceae (Lenza e Ferreira, 2000; Cruden, 1988). Todas essas espécies apresentam dioécia temporal, sendo dependentes de polinizadores para a formação de frutos. Entretanto, em nenhum desses estudos foram feitas abordagens sobre a biologia floral e reprodutiva associada aos polinizadores.

A receptividade estigmática de *Serjania erecta* da família Sapindaceae (Lenza e Ferreira, 2000), avaliada com solução de peróxido apresentou o mesmo resultado encontrado neste trabalho, onde todas flores reagiram positivamente ao reagente. Através dos testes com os tratamentos de peróxido de hidrogênio (3%) e peroxtesmo KO, não foi possível afirmar se há receptividade do estigma ao longo do dia. Os resultados obtidos com o experimento de polinização cruzada manual demonstraram que os estigmas das flores polinizadas realmente

estavam receptivos em todos os horários avaliados ao longo do dia, indicando de forma indireta a receptividade estigmática.

Foi observada uma grande variação de frutos formados e maduros coletados nos cruzamentos realizados ao longo do dia. Os picos foram observados nas avaliações iniciadas às 5:00 e 9:00, demonstrando que possivelmente existe uma variação de receptividade da região estigmática com picos nesses horários ao longo do dia.

Testes com corante carmim acético já foram realizados para avaliar a viabilidade polínica em outras espécies de Sapindaceae, tais como *Serjania erecta* e *Cupania guatemalensis* (Lenza e Ferreira, 2000; Bawa, 1977), entretanto não é possível afirmar se os grãos de pólen corados germinaram formando o tubo polínico. Somente através de experimento avaliando a formação do tubo polínico é possível inferir a viabilidade dos grãos de pólen. Os resultados de viabilidade polínica através de germinação *in vitro* demonstraram que existe uma grande variação na quantidade de pólen germinado ao longo do dia. A menor taxa de germinação dos grãos de pólen foi de 4% na avaliação noturna às 3:00, apesar da abertura das flores serem noturnas, por volta das 2:30. O pico de germinação dos grãos de pólen correspondeu a coleta das 9:00 h, horário que corresponde a maior frequência dos visitantes florais diurnos do guaraná (Krug *et al.*, 2014).

No experimento de autopolinização espontânea não houve a formação de frutos até a maturação. A polinização cruzada manual apresentou uma maior quantidade de frutos formados até a maturação quando comparada ao tratamento controle de polinização cruzada natural. Esse sistema reprodutivo de dioécia dependente de polinização cruzada observado no guaranazeiro é comum na família Sapindaceae (Lenza e Ferreira, 2000; Bawa, 1977; Ruiz e Arroyo 1978; Cruden, 1988).

As flores de guaraná favorecem os visitantes florais, pois seus recursos (néctar e pólen) podem ser facilmente acessados, sendo por este motivo considerada uma planta generalista, entretanto, nem todas as espécies de visitantes florais tocam as estruturas reprodutivas das flores estaminadas e pistiladas realizando a polinização. Dentre as espécies avaliadas, os polinizadores noturnos/crepusculares *Megalopta* spp. e diurna *Melipona (Michmelia) fulva* foram as únicas espécies eficientes na formação de frutos até a maturação. As abelhas noturnas têm a visão totalmente adaptada, sendo ativas somente à noite (Berry *et al.*, 2011), esta característica favorece este grupo de abelhas, impedindo a sobreposição na competição por recursos com abelhas diurnas (Wcislo e Tierney, 2009). *Apis mellifera scutellata* foi a espécie mais ativa durante as avaliações de eficiência, entretanto não houve a formação de frutos até a maturação

a partir de flores visitadas por esta espécie. Neste estudo, as abelhas *Megalopta* foram as mais eficientes na polinização do guaraná, podendo ser consideradas polinizadores eficientes. Tal eficiência já foi descrita para outra espécie de planta, a *Campomanesia phaea* (Myrtaceae), conhecida popularmente por Cambuci, espécie com início de antese à noite, assim como o guaraná (Cordeiro *et al.*, 2017). As avaliações de eficiência foram realizadas no final da floração, havendo poucas plantas e flores para a realização dos testes. Portanto, é necessária a realização de outros estudos para mensurar com maior acurácia a eficiência destas espécies de abelhas noturnas/crepusculares e diurnas na polinização do guaraná.

Em Garibaldi *et al.* (2013), é demonstrado que em cultivos agrícolas, a produção é maior quando estão presentes *Apis mellifera scutellata* e abelhas nativas. Para aumentar a produção de frutos de guaraná em cultivos agrícolas é interessante a adoção de práticas agrícolas favoráveis aos polinizadores. As práticas mais comuns são a redução no uso de agrotóxicos, especialmente durante a floração e a manutenção da mata adjacente ao cultivo, sendo um ambiente ideal e favorável à nidificação e oferta de recursos florais para as abelhas.

## CONCLUSÃO

As flores de guaraná possuem glândulas produtoras de odor e guias de néctar, características que auxiliam na localização de recursos presentes nas flores.

O teste de viabilidade polínica indicou que os grãos de polén apresentaram maior taxa de germinação por volta das nove horas, entretanto, isto não quer dizer que este polén não possa ser transferido e depositado antes deste horário, visto que houve formação de frutos em todos os horários avaliados.

Os frutos e sementes de maior qualidade, mais pesados, são formados a partir de polinizações realizadas por volta das cinco e nove horas, período de maior atividade das abelhas noturnas, *Megalopta spp.*, e diurnas como *Melipona (Michmelia) fulva*, que são provavelmente os polinizadores mais eficientes do guaranazeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado, A.; Bulgarelli, J.; Moya, B. 2000. Germinación del polen en poblaciones derivadas de un híbrido entre *Elaeis guineensis* Jacq y *E. oleifera* HBK, Cortés. *ASD Oil Palm Papers*, 20, 35-36.

- Antonio, I. C. 2017. *Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental na Rodovia AM-010, Km 29–Manaus*. Boletim agrometeorológico série anual, Embrapa Amazônia Ocidental, 60 pp.
- Bawa, K.S. 1977. The reproductive biology of *Cupania guatemalensis* Radlk. (Sapindaceae). *Evolution*, Lawrence, 31,52- 63.
- Becher, M. A.; Osborne, J. L.; Thorbek, P.; Kennedy, P. J.; Grimm, V. 2013. Review: towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 868-880.
- Beck, H. T. 1990. A survey of the useful species of *Paullinia* L. (Sapindaceae). *Advances in Economic Botany*, 8, 41-56.
- Berry, R. P.; Wcislo, W. T.; Warrant, E. J. 2011. Ocellar adaptations for dim light vision in a nocturnal bee. *Journal of Experimental Biology*, 214(8), 1283-1293.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P. M., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., Settele, J. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313 (5785): 351-354, 2006.
- Buerki, S.; Forest, F.; Acevedo-Rodríguez, P.; Callmander, M. W.; Nylander, J. A.; Harrington, M.; Alvarez, N. 2009. Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51(2), 238-258.
- Buerki, S.; Forest, F.; Salamin, N.; Alvarez, N. 2010. Comparative performance of supertree algorithms in large data sets using the soapberry family (Sapindaceae) as a case study. *Systematic biology*, 60(1), 32-44.
- Castro, N. H. C. 1992. *Cultura do guaranazeiro*. EMBRAPA-CPATU: Belém, Pará, Brasil, 71 pp.
- Cordeiro, G. D.; Pinheiro, M.; Dötterl, S.; Alves-dos-Santos, I. 2017. Pollination of *Campomanesia phaea* (Myrtaceae) by night-active bees: a new nocturnal pollination system mediated by floral scent. *Plant Biology*, 19(2), 132-139.
- Cruden, R W. 1988. Temporal dioecism: systematic breadth, associated traits and temporal patems. *Botanical Gazette*, 149(1), 1-15.
- Cruden, N. W.; Hermann-Parker, S. M. 1977. Temporal dioecism: an alternative to dioecism. *Evolution*, Lawrence, v. 31, p.863- 866.
- Dafni, A.; Maués, M. M. 1998. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. *Sexual Plant Reproduction*, 11, 117-180.

- Dafni, A.; Kevan, P. G.; Husband, B. C. 2005. *Practical pollination biology*. Cambridge (Canada): Enviroquest, 590pp.
- Escobar, J. R.; Corrêa, M. P. F.; Aguilera, F. P. 1984. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19(5), 615-622.
- Ferreira, M. N. 2003. *Polinização dirigida de guaranazal cultivado utilizando-se abelhas Apis melífera, Melipona seminigras abunensis e Scaptotrigona sp. Mato Grosso, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 107pp.
- Gadek, P. A.; Fernando, E. S.; Quinn, C.J.; Hoot, S. B.; Terrazas, T.; Sheahan, M. C.; Chase, M. W. 1996. Sapindales: Molecular delimitation and infraordinal groups. *American Journal of Botany*. 83. 802-811.
- Gallai, N.; Salles, J. M.; Settele, J.; Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810-821.
- Garibaldi, L. A.; Steffan-Dewenter, I.; Winfree, R.; Aizen, M. A.; Bommarco, R.; Cunningham, S. A., Bartomeus, I. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611.
- Girão, L. C.; Lopes, A. V.; Tabarelli, M.; Bruna, E. M. 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape. *PLoS One*, 2(9), 908.
- Gondim, C.J.E. 1978. *Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. INPA, 83pp.
- Harrington, M. G.; Edwards, K. J.; Johnson, S. A.; Chase, M. W.; Gadek, P. A. 2005. Phylogenetic inference in Sapindaceae sensu lato using plastid matK and rbcL DNA sequences. *Systematic Botany*, 30(2), 366-382.
- Homma, A. K. O. 2014. Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação. *Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)*. 468 p.
- Kearns, C. A.; Inouye, D. W. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press of Colorado, 1993pp.
- Köppen, W. 1936. *Das geographische system der klimate*. Hundbuch der Kliatologie, Band I, Teil C, 44pp.
- Krug, C.; Garcia, M. V. B.; Gomes, F. B. 2014. A scientific note on new insights in the pollination of guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). *Apidologie*, 46(2): 164-166.

- Lenza, E.; Ferreira, J. 2000. Biologia floral de *Serjania erecta* Radlk. (Sapindaceae): um caso de dioécia temporal. *Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer*, 6, 23-37.
- Moreira Filho, A.; Ribeiro, O.C.; Ferreira, M.A.; Martins, G.A. 1975. *Observações sobre abertura de flores em plantas de guaraná*. Informativo Técnico. ACAR-AM, Manaus, 3(12), 11-22.
- Nascimento Filho, F. J.; Garcia, T. B.; Sousa, N. R.; Atroch, A.L. 2001. Recursos genéticos de guaraná. In: Sousa, N. R.; Souza, A. G. C. (Eds.). *Recursos fitogenéticos da Amazônia Ocidental; conservação, pesquisa e utilização*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p. 127-141.
- Nascimento Filho, F. J.; Atroch, A. L.; Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. 2009. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(6), 605-612.
- Ne'eman, G.; Jürgens, A.; Newstrom-Lloyd, L.; Potts, S. G.; Dafni, A. 2010. A framework for comparing pollinator performance: effectiveness and efficiency. *Biological Reviews*, 85(3): 435-451.
- Pereira, T. N. S.; Sacramento, C. K. 1987. Comportamento floral do o nas condições da Bahia. *Revista Theobroma*, Ilhéus, 7(3), p.201-208.
- Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Krêmen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O.; Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353.
- Ruiz, Z.T.; Arroyo, M. T. K. 1978. Plant reproductive ecology of secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica*, 10, 221-230.
- Schultz, Q. S.; Valois, A. C. C. 1974. Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro. *Boletim Técnico, IPAAO*, 4: 35-36.
- Tavares, A.M.; Garcia, M. V. B. 2009. *Tripes do guaranazeiro: Liothrips adisi* zur Strassen, 1977 (Thysanoptera: Phlaeothripidae, Phlaeothripinae). Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, 47p.
- Thorne, R. F.; Reveal, J. L. 2007. An updated classification of the class Magnoliopsida ("Angiospermae"). *The Botanical Review*, 73(2), 67-181.
- Wcislo W. T.; Tierney S. M. 2009. Behavioural environments and niche construction: the evolution of dim-light foraging. *Biology Reviews*, 84, 19-37.

## 5. SÍNTESE

Neste estudo, podemos inferir que a disponibilidade de recursos florais influenciou diretamente a presença de espécies de abelhas nativas em forrageio ao longo do ano. A espécie exótica *Apis mellifera scutellata* foi a abelha mais abundante, entretanto, as espécies nativas tiveram um maior número de interações com as plantas herbáceo-arbustivas avaliadas, demonstrando a importância das abelhas nativas na rede de interação.

Também foi verificado que Melastomataceae foi a família com o maior número de espécies visitadas pelas abelhas, mas espécies como *Spemacoce alata* (Rubiaceae) e *Hyptis atrorubens* (Lamiaceae) tiveram uma maior riqueza e abundância de abelhas, demonstrando que são importantes fontes de recursos florais.

Apesar do curto período de floração, o cultivo de guaraná oferta uma grande quantidade de recursos alimentares, sendo a segunda espécie com o maior número de interações com as abelhas neste estudo, demonstrando a importância do cultivo para a manutenção da comunidade de abelhas local.

Os experimentos realizados neste estudo indicam que a produção de frutos e sementes de maior qualidade são formados a partir de polinizações realizadas por volta das cinco horas da manhã (período de maior atividade das abelhas de hábito noturno) e nove horas da manhã (período de maior atividade das abelhas de hábito diurno).

Portanto, este trabalho gerou avanços de conhecimento significantes sobre a biodiversidade da apifauna e outros insetos visitantes florais na Amazônia. Também, contribuiu com resultados que irão propiciar futuras práticas amigáveis aos polinizadores, visando gerar informações para manter a comunidade de abelhas, principalmente nativas, associadas ao cultivo do guaraná, aumentando sua polinização e conseqüentemente aumentando a produção de frutos de guaraná. Para aumentar a produção de frutos de guaraná em cultivos agrícolas estabelecer práticas amigáveis para manter abelhas noturnas e abelhas nativas sem ferrão. As práticas amigáveis aos polinizadores mais comuns e que geram resultados satisfatórios na manutenção dos polinizadores nas áreas cultivadas são a redução no uso de agrotóxicos, especialmente durante a floração e a manutenção da mata adjacente ao cultivo, sendo um ambiente ideal e favorável à nidificação e oferta de recursos florais para as abelhas.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antonio, I. C. 2017. *Estação Agroclimatológica da Embrapa Amazônia Ocidental na Rodovia AM-010, Km 29–Manaus*. Boletim agrometeorológico série anual, Embrapa Amazônia Ocidental, 60 pp.
- Barbola, I. F.; S. Laroca. 1993. A comunidade de Apoidea (Hymenoptera) da Reserva Passa Dois (Lapa, Paraná, Brasil): I. Diversidade, abundância relativa e atividade sazonal. *Acta Biológica Paranaense*. 22: 91-113.
- Becher, M. A.; Osborne, J. L.; Thorbek, P.; Kennedy, P. J.; Grimm, V. 2013. Review: towards a systems approach for understanding honeybee decline: a stocktaking and synthesis of existing models. *Journal of Applied Ecology*, 50(4): 868-880.
- Biesmeijer, J. C.; Roberts, S. P. M.; Reemer, M.; Ohlemüller, R.; Edwards, M.; Peeters, T.; Settele, J. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313 (5785): 351-354.
- Buerki, S.; Forest, F.; Acevedo-Rodríguez, P.; Callmander, M. W.; Nylander, J. A.; Harrington, M.; Alvarez, N. 2009. Plastid and nuclear DNA markers reveal intricate relationships at subfamilial and tribal levels in the soapberry family (Sapindaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 51(2), 238-258.
- Buerki, S.; Forest, F.; Salamin, N.; Alvarez, N. 2010. Comparative performance of supertree algorithms in large data sets using the soapberry family (Sapindaceae) as a case study. *Systematic biology*, 60(1), 32-44.
- Camargo, J. M. 1970. Ninhos e biologia de algumas espécies de Meliponídeos (Hymenoptera: Apidae) da região de Pôrto Velho, Território de Rondônia, Brasil. *Revista de Biología Tropical*, v. 16, n. 2, p. 207-239.
- Carvalho, C. A. L. de. 2004. *Diversidade de abelhas (Apoidea) em ecossistemas baianos*. In: Congresso Brasileiro de Apicultura e Congresso Brasileiro de Meliponicultura. Anais... Natal: CBA; FARN. CD-ROM.
- Castro, A.M.G.; Ferreira, M.A. 1973. *Enraizamento de estacas de guaraná*. Manaus: ACAR-AMAZONAS, 25p.
- Castro, N.H.C. 1992. *Cultura do guaranazeiro*. EMBRAPA-CPATU: Belém, Pará, Brasil, 71p.
- Cavalcante, P.B. 1967. *O guaraná (Paullinia cupana var. sorbilis) em estado provavelmente espontâneo, no planalto de Santarém, Pará*. Boletim do Museu Goeldi, n.26.
- Cronquist, A. (1988). *The evolution and classification of flowering plants*. Botanical Garden, Bronx, New York, USA. 555pp.

- Ducke, A. 1906. Neue beobachtungen über die bienen der amazonasländer. *Zeitschrift für wissenschaftliche insektenbiologie*, 2, 51-60.
- Ducke, A. 1937. Diversidade dos guaranás. *Rodriguésia*, Rio de Janeiro, 3(10): 155-156.
- Escobar, J. R.; Corrêa, M. P. F.; Aguilera, F. P. 1984. Estruturas florais, floração e técnicas para a polinização controlada do guaranazeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 19(5), 615-622.
- Ferreira, M. N. 2003. *Polinização dirigida de guaranazal cultivado utilizando-se abelhas Apis melífera, Melipona seminigras abunensis e Scaptotrigona sp. Mato Grosso, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná. 107pp.
- Gadek, P. A.; Fernando, E. S.; Quinn, C.J.; Hoot, S. B.; Terrazas, T.; Sheahan, M. C.; Chase, M. W. 1996. Sapindales: Molecular delimitation and infraordinal groups. *American Journal of Botany*. 83. 802-811.
- Gallai, N.; Salles, J. M.; Settele, J.; Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821.
- Girão, L. C.; Lopes, A. V.; Tabarelli, M.; Bruna, E. M. 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape. *PLoS One*, 2(9), e908.
- Gondim, C.J.E. 1978. *Alguns aspectos da biologia reprodutiva do guaraná ((Paullinia cupana var. sorbilis (Mart.) Ducke)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. INPA, 83pp.
- Harrington, M. G.; Edwards, K. J.; Johnson, S. A.; Chase, M. W.; Gadek, P. A. 2005. Phylogenetic inference in Sapindaceae sensu lato using plastid matK and rbcL DNA sequences. *Systematic Botany*, 30(2), 366-382.
- Homma, A. K. O. 2014. Extrativismo vegetal na Amazônia: história, ecologia, economia e domesticação. *Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)*. 468 p.
- Klein, A. M.; Vaissiere, B. E.; Cane, J. H.; Steffan-Dewenter, I.; Cunningham, S. A., Kremen, C.; Tscharntke, T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 274 (1608): 303-313.
- Köppen, W. 1936. *Das geographische system der klimate*. *Hundbuch der Kliatologie*, Band I, Teil C, 44pp.
- Krug, C.; Garcia, M. V. B.; Gomes, F. B. 2014. A scientific note on new insights in the pollination of guarana (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*). *Apidologie*, 46(2): 164-166.
- Laroca, S. 1995. *Ecologia: Princípios e métodos*. Petrópolis, RJ: Vozes, 1995.

- Michener, C.D. 2007. *The Bees of the World*. 2nd. Baltimor, Ed. Johns Hopkins, 992p.
- Mouga, D. M. D. S.; Krug, C. 2010. Comunidade de abelhas nativas (Apidae) em floresta ombrófila densa montana em Santa Catarina. *Zoologia*, 27(1), 70-80.
- Nascimento Filho, F.J.; Garcia, T.B.; Sousa, N.R.; Atroch, A.L. 2001. Recursos genéticos de guaraná. In: Sousa, N.R.; Souza, A.G.C. (Eds.). *Recursos fitogenéticos da Amazônia Ocidental; conservação, pesquisa e utilização*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental. p.127-141
- Nascimento Filho, F. J.; Atroch, A. L.; Cruz, C. D.; Carneiro, P. C. S. 2009. Repetibilidade da produção de sementes em clones de guaraná. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(6), 605-612.
- Oliveira, M. L.; Campos, L. A. O. 1995. Abundância, riqueza e diversidade de abelhas Euglossinae (Hymenoptera, Apidae) em florestas contínuas de terra firme na Amazônia Central, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 12, n. 3, p. 547-556.
- Ollerton, J.; Winfree, R.; Tarrant, S. 2011. How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120(3), 321-326.
- Pinheiro-Machado, C.; Alves-dos-Santos, I.; Imperatriz-Fonseca, V. L.; Kleinert, A. D. M. P.; Silveira, F. A. 2002. *Brazilian bee surveys: state of knowledge, conservation and sustainable use*. Pollinating Bees, The Conservation Link Between Agriculture and Nature, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 115-129.
- Pires, J.M. 1949. *O guaraná*. Relatório da Seção de Botânica. Belém: IAN.
- Potts, S. G.; Biesmeijer, J. C.; Kremen, C.; Neumann, P.; Schweiger, O.; Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in ecology & evolution*, 25(6), 345-353.
- Rech, A. R.; Westerkamp, C. 2014. Biologia da polinização: uma síntese histórica. In: Rech, A. R.; Agostini, K.; Oliveira, P. E.; Machado, I. C. (Eds.). *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, p. 27-44.
- Ruiz, Z.T., Arroyo, M.T.K. 1978. Plant reproductive ecology of secondary deciduous tropical forest in Venezuela. *Biotropica*, Baton Rouge, 10, 221-230.
- Sakagami, S. F.; S. Laroca; J. S. Moure. 1967. Wild bee biocenotics in São José dos Pinhais (PR), South Brazil. Preliminary report. *Journal of the Faculty of Science*, Hokkaido University, Zoology, 16:253-291.
- Schultz, Q. S.; Valois, A. C. C. 1974. *Estudos sobre o mecanismo de floração e frutificação do guaranazeiro*. Boletim Técnico, IPAAO, 4: 35-36.

- Silveira F.A.; Melo G.A.R.; Almeida, E.A.B. 2002. *Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação*. Belo Horizonte, p 35.
- Tavares, A.M.; Garcia, M.V.B. 2009. Tripes do guaranazeiro: *Liothrips adisi* zur Strassen, 1977 (Thysanoptera: Phlaeothripidae, Phlaeothripinae). *Embrapa Amazônia Ocidental*, Manaus, 47p.
- Thorne, R. F.; Reveal, J. L. 2007. An updated classification of the class Magnoliopsida (“Angiospermae”). *The Botanical Review*, 73(2), 67-181.
- Torezan-Silingardi, H. M. 2012. Flores e animais: uma introdução à historia natural da polinização. In: Del-Claro, K.; Torezan-Silingardi, H. M. 2012. *Ecologia das interações plantas-animais: Uma abordagem ecológico-evolutiva*. Technical Books Editora, 336pp.
- Wittmann, D.; Hoffman, M. 1990. Bees of Rio Grande do Sul, Southern Brazil (Insecta, Hymenoptera, Apoidea). *Iheringia. Série Zoologia*, 70: 17-43.

## 7. APÊNDICES

APÊNDICE A - Espécies de Hymenoptera, exceto abelhas, visitantes florais contabilizadas ao longo de dozes meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Família	Subfamília	Espécies	Meses de coleta (2016-2017)												Total
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	
Ichneumonidae	Campopleginae	<i>Venturia</i> sp. 1				1									1
	Cremastinae	<i>Eiphosoma</i> sp. 1		1											1
		<i>Glodianus</i> sp. 1									1				1
	Cryptinae	<i>Acerastes</i> sp. 1	1								1				2
Argidae	Sterictiphorinae	Sterictiphorinae sp. 1												1	1
Braconidae	Microgastrinae	Microgastrinae sp. 1									1				1
	Agathidinae	<i>Alabagrus</i> sp. 1	2			3		5		1					11
		<i>Alabagrus</i> sp. 2		1											1
		<i>Trachagathis</i> sp. 1	1												1
Chalcididae		Chalcididae sp. 1	1											1	

		Chalcididae sp. 2	1				1
		Chalcididae sp. 3	1				1
		Chalcididae sp. 4	1				1
		Chalcididae sp. 5		1	3		4
		Chalcididae sp. 6		1		2	3
		Chalcididae sp. 7			1	1	2
		Chalcididae sp. 8			1		1
		Chalcididae sp. 9				1	1
	Chalcidinae	<i>Conura</i> sp. 1			5	2	7
		<i>Conura</i> sp. 2			1		1
Chrysididae	Chrysidinae	<i>Caenochrysis</i> sp. 1			1		1
Crabronidae	Bembecinae	<i>Bicyrtes</i> sp. 1	1				1
		<i>Harpactus</i> sp. 1			1		1
		<i>Selman</i> sp. 1		3		1	4
	Crabroninae	<i>Ectemnius</i> sp.1	1				1
		<i>Liris</i> sp. 1				1	2
		Crabroninae sp. 1				1	1
		<i>Tachytes</i> sp. 1				1	1
		<i>Tachytes</i> sp. 2			1		1
	Philanthinae	<i>Cerceris</i> sp. 1	1				1



Pteromalidae		Pteromalidae sp. 1							3	3
		Pteromalidae sp. 2					1			1
Sphecidae	Sphecinae	<i>Isodontia</i> sp. 1	1			1			2	4
		<i>Sphex</i> sp. 1			1	1	1	1	1	5
		<i>Sphex</i> sp. 2			1					1
		<i>Sphex</i> sp. 3							1	1
Tiphiidae		Tiphiidae sp. 1				1				1
Vespidae	Eumeninae	<i>Brachygastra bilineolata</i> Spinola, 1841				1	1			2
		<i>Brachygastra lecheguana</i> (Latreille, 1804)							1	1
		<i>Brachygastra</i> sp. 1	1							1
		<i>Charterginus</i> sp.1						1		1
		<i>Omicron</i> sp. 1	1	2	2	6	1		3	15
		<i>Pachodynerus</i> sp. 1				6				6
		<i>Zethus</i> sp. 1	1		1	2			1	5
	Polistinae	<i>Agelaia pallipes</i> (Olivier, 1792)							1	1
		<i>Mischocyttarus</i> sp.1			1		1			2
		<i>Polistes geminatus</i> Fox, 1898	2						1	3
		<i>Polybia dimidiata</i> (Olivier, 1791)				1				1

<i>Polybia jurinei</i> de Saussure, 1854						1								1
<i>Polybia liliacea</i> Fabricius, 1804	1							2				1		4
<i>Polybia occidentalis</i> Olivier, 1791	1			1	1	2							1	6
<i>Polybia rejecta</i> (Fabricius, 1798)	3			3	2		1	1				2		12
<i>Polybia sericea</i> Olivier, 1792	2			1	1					1				5
<i>Polybia singularis</i> Ducke, 1909				1										1
<i>Polybia</i> sp. 1				1	1		1						1	4
<i>Polybia</i> sp. 2							1							1
<i>Protopolybia chartergoides</i>														
Gribodo, 1891	2			1										3
<i>Synoeca surinama</i> (Linnaeus, 1767)													1	1
<i>Synoeca virginea</i> Fabricius, 1804			2	1										3
Totais	30	6	16	41	36	26	35	2	6	1	5	5	5	209

APÊNDICE B - Espécies de Diptera visitantes florais contabilizadas ao longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbácea-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Família	Subfamília	Espécies	Meses de coleta (2016-2017)												Total
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	
Asilidae	Laphriinae	<i>Pilica rufipennis</i> (Wiedemann, 1828)				1									1

<u>Bombyllidae</u>		Bombyllidae sp. 1	1	1	1	1		1	5
		Bombyllidae sp. 2				1			1
<u>Calliphoridae</u>		Calliphoridae sp. 1						4	4
		Calliphoridae sp. 2					1		1
<u>Chloropidae</u>		Chloropidae sp. 1		1					1
<u>Conopidae</u>		Conopidae sp. 1					1		1
		Conopidae sp. 2				1			1
		Conopidae sp. 3						1	1
		Conopidae sp. 4	1		1				2
<u>Drosophilidae</u>		Drosophilidae sp. 1	1						1
		Drosophilidae sp. 2						1	1
<u>Lauxaniidae</u>		Lauxaniidae sp. 1		1	2				3
		Lauxaniidae sp. 2						1	1
<u>Milichiidae</u>	Milichiinae	Milichiinae sp. 1		2					2
		<i>Milichiella</i> sp. 1		1					1
<u>Sarcophagidae</u>		Sarcophagidae sp. 1				1		1	2
		Sarcophagidae sp. 2	1	1	2		1	1	6
		Sarcophagidae sp. 3						1	1
		Sarcophagidae sp. 4					1		1
		Sarcophagidae sp. 5		1					1

		Sarcophagidae sp. 6					1	1					2		
		Sarcophagidae sp. 7					1					1	2		
		Sarcophagidae sp. 8								1			1		
		Sarcophagidae sp. 9						1					1		
		Sarcophagidae sp. 10						1					1		
Stratiomyidae		Stratiomyidae sp. 1					1						1		
Syrphidae	Eristalinae	<i>Ornidia obesa</i> (Fabricius, 1775)	1	1	4	8			1		5	2	2	3	27
		<i>Palpada agrorum</i> (Fabricius, 1787)							1						1
		<i>Palpada inversa</i> (Wiedemann, 1830)							1						1
		<i>Palpada vinetorum</i> (Fabricius, 1798)	3		17	7	27	13	25		1			2	95
	Syrphinae	<i>Hybobathus flavipennis</i> (Wiedemann, 1830)			1	1									2
		<i>Ocytamus dimidiatus</i> (Fabricius, 1781)		1	1	1									3
		<i>Ocytamus prudens</i> (Curran, 1934)		1											1
		<i>Toxomerus dispar</i> (Fabricius, 1794)	2					1			5	3	11		22
		<i>Toxomerus floralis</i> (Fabricius, 1798)	11	1				3							15
		<i>Toxomerus musicus</i> (Fabricius, 1805)		4											4
		<i>Toxomerus politus</i> (Say, 1823)	2												2
		<i>Toxomerus pulchellus</i> (Macquart, 1846)	5	1		2			1						9
Tachinidae		Tachinidae sp. 1						1							1

		Tachinidae sp. 2										1			1
		Tachinidae sp. 3					1								1
		Tachinidae sp. 4	1												1
		Tachinidae sp. 5	1												1
Tephritidae	Tephritinae	Tephritinae sp. 1							1		1	1	4		7
Totais			31	9	25	29	42	20	28	0	12	12	16	17	241

APÊNDICE C - Espécies de Lepidoptera visitantes florais contabilizadas longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbácea-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Família	Subfamília	Espécies	Meses de coleta (2016-2017)												Total		
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai			
Hesperiidae	Eudaminae	<i>Autochton neis</i> (Geyer, 1832)	1													1	
		<i>Chioides catillus catillus</i> Evans, 1952				1			1			2				4	
		<i>Dyscophellus porcius porcius</i> (C. Felder e R. Felder, 1862)					1										1
		<i>Udranomia kikkawai</i> (Weeks, 1906)					1										1
		<i>Urbanus simplicius</i> (Stoll, 1790)											1				1
		<i>Urbanus tanna</i> Evans, 1952	1														1
	Hesperiinae	<i>Anthoptus epictetus</i> (Fabricius, 1793)							1		1		1	3		6	

		<i>Callimormus corades</i> (C. Felder, 1862)				1		3	1	1		2		8	
		<i>Callimormus saturnus</i> (Herrich-Schäffer, 1869)						1	1			2		4	
		<i>Corticea corticea</i> (Plötz, 1882)				1						1		2	
		<i>Cymaenes alumna</i> (Butler, 1877)				1	1		3	2	4	1	1	13	
		<i>Cymaenes tripunctus theogenis</i> (Capronnier, 1874)											1	1	
		<i>Morys compta compta</i> (Butler, 1877)						2		1		1		4	
		<i>Polites vibex catilina</i> (Plötz, 1886)				1						2		3	
		<i>Pompeius amblyspila</i> (Mabille, 1898)	1		2	1	1	3	2		3	3		16	
		<i>Vehilius inca</i> (Scudder, 1872)				3	4	6	1	2	5	8	8	1	38
		<i>Wallengrenia otho clavus</i> (Erichson, [1849])											1	1	
	Pyrginae	<i>Achlyodes mithridates thraso</i> (J. Hübner, [1807])			1									1	
		<i>Chiomara basigutta</i> (Plötz, 1884)	1											1	
		<i>Pythonides jovianus jovianus</i> (Stoll, 1782)							1					1	
		<i>Telemiades epicalus</i> Hübner, [1819]				1								1	
Lycaenidae	Polyommatainae	<i>Hemiargus hanno</i> (Stoll, [1790])					1							1	
Nymphalidae	Cyrestidinae	<i>Marpesia chiron marius</i> (Cramer, 1779)			1									1	
	Limnithidinae	<i>Adelpha cytherea cytherea</i> (Linnaeus, 1758)								1				1	

	Nymphalinae	<i>Junonia genoveva</i> (Cramer, 1780)	1	1											2
	Heliconiinae	<i>Dryas iulia alcionea</i> (Cramer, 1779)	1												1
		<i>Heraclides anchisiades anchisiades</i> Esper,													
Papilionidae	Papilioninae	1788				1									1
Pieridae	Coliadinae	<i>Aphrissa statira statira</i> (Cramer, 1777)	1												1
		<i>Ascia monuste orseis</i> (Latreille, 1818)			1			1							2
	Pierinae	<i>Rhabdodryas trite trite</i> (Linnaeus, 1758)	1												1
Riodinidae	Riiodininae	<i>Lemonias zygia zygia</i> Hübner, [1807]							1	1	1	4			7
		<i>Stalactis phlegia phlegia</i> (Cramer, [1779])				1									1
Totais			9	0	6	11	8	11	14	9	13	24	21	2	128

APÊNDICE D - Espécies de abelhas visitantes florais contabilizadas longo de doze meses de coleta em um guaranazal e vegetação herbáceo-arbustiva adjacente, Rodovia AM 010, Km 29, Manaus, Amazonas.

Família	Tribo	Espécies	Meses de coleta (2016-2017)												Total	
			Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai		
Colletidae	Hylaeini	<i>Hylaeus (Gongyloprosopis) orbicus</i> (Vachal, 1910)				1	10									11
		<i>Hylaeus</i> sp. 2					17									18
	Diphaglossini	<i>Ptiloglossa</i> sp. 1				1										1
Halictidae		<i>Augochlora</i> sp. 1				11	40								2	53



		<i>Megachile</i> sp. 1					1	1					1	3	
		<i>Megachile</i> sp. 2							1					1	
		<i>Megachile</i> sp. 3					7	1						8	
Apidae	Apini	<i>Apis mellifera scutellata</i> Linnaeus 1758	407	2	8	62	20	35	13		2	4	6	12	571
	Centridini	<i>Centris (Centris) nitens</i> Lepeletier, 1841	1												1
		<i>Centris (Hoplepicharis) aff. fasciata</i> Lepeletier e Serville, 1828									1				1
	Ericrocidini	<i>Mesoplia</i> sp. 1							1						1
	Eucerini	<i>Florilegus (Euflorilegus) festivus</i> (Smith, 1854)						1							1
	Euglossini	<i>Euglossa (Glossura)</i> sp. 1	1										3	1	5
		<i>Euglossa (Glossura) ignita</i> Smith, 1874								1					1
		<i>Euglossa (Glossuropoda) intersecta</i> Latreille, 1817		1											1
		<i>Euglossa</i> sp. 1			1							1			2
		<i>Eulaema (Eulaema) meriana</i> (Olivier, 1789)						1							1
		<i>Exaerete frontalis</i> (Guérin, 1844)										2	1		3
		<i>Exaerete smaragdina</i> (Guérin, 1844)		1							1		2		4
	Exomalopsini	<i>Exomalopsis (Exomalopsis) auropilosa</i> Spinola, 1853		2	1		10	12	13	3	1		4	1	47
		<i>Exomalopsis</i> sp. 1				1			1						2
		<i>Exomalopsis</i> sp. 2						1							1

	<i>Exomalopsis</i> sp. 3					18	4	3		5		1	31
	<i>Exomalopsis</i> sp. 4							1					1
Meliponini	<i>Aparatrigona impunctata</i> (Ducke, 1916)	17	2	6	5	61	11	11			1		114
	<i>Cephalotrigona</i> sp. 1											1	1
	<i>Cephalotrigona femorata</i> (Smith, 1854)	1		1	1		1					1	5
	<i>Frieseomelitta flavicornis</i> (Fabricius, 1798)				2	42	12	5					61
	<i>Frieseomelitta portoi</i> (Friese, 1900)			1				1					2
	<i>Frieseomelitta</i> sp. 1			2									2
	<i>Frieseomelitta trichocerata</i> Moure, 1990	2			2	29	10	8				1	52
	<i>Geotrigona subnigra</i> (Schwarz, 1940)				5	11		1			1		18
	<i>Leurotrigona pusilla</i> Moure e Camargo, 1988					2							2
	<i>Melipona (Eomelipona) amazonica</i> Schulz, 1905			1		2							3
	<i>Melipona (Eomelipona) puncticollis</i> Friese, 1902	2		1			1				1		5
	<i>Melipona (Michmelia) captiosa</i> Moure, 1962				1								1
	<i>Melipona (Michmelia) fulva</i> Lepeletier, 1836		2	10	18	4	3	4		7	6	4	58
	<i>Melipona (Michmelia) seminigra merrillae</i> Cockerell, 1919			7	7		1	1	2	3		1	22
	<i>Melipona (Michmelia) seminigra seminigra</i> Friese, 1903			2						2		1	5
	<i>Nannotrigona melanocera</i> (Schwarz, 1938)	36	1	2	4	19	8	7		1	1	7	90

<i>Nannotrigona</i> sp. 1	2	1	7				1			11	
<i>Nogueirapis minor</i> (Moure e Camargo, 1982)			1	1						2	
<i>Paratrigona euxanthospila</i> Camargo e Moure, 1994	1	2	1							4	
<i>Paratrigona melanaspis</i> Camargo e Moure, 1994	4		2	1	1	2	1			11	
<i>Paratrigona pannosa</i> Moure, 1989	15		14		2	3				34	
<i>Paratrigona</i> sp. 1			1							1	
<i>Partamona auripennis</i> Pedro e Camargo, 2003	1		3	3			5			12	
<i>Partamona mourei</i> Camargo, 1980	1		2							3	
<i>Partamona vicina</i> Camargo, 1980			13	4			1			18	
<i>Plebeia</i> sp. 1			1	2						3	
<i>Plebeia</i> sp. 2						1				1	
<i>Ptilotrigona lurida</i> (Smith, 1854)	14	2		6	92	10	30	87	19	87	347
<i>Scaptotrigona bipunctata</i> (Lepeletier, 1836)			4							4	
<i>Scaptotrigona hylacana</i> sp. n.			1							1	
<i>Scaura amazonica</i> sp. n.	8		7	23	1	4				43	
<i>Scaura latitarsis</i> (Friese, 1900)				1	1	2				4	
<i>Scaura longula</i> (Lepeletier, 1836)					1					1	
<i>Tetragona dorsalis</i> (Smith, 1854)		4	2			2			1	9	
<i>Tetragona essequiboensis</i> (Schwarz, 1940)	1									1	
<i>Tetragona goettei</i> (Friese, 1900)	7				3			2	1	13	

	<i>Tetragona handlirschii</i> (Friese, 1900)	1			3	8	1	1				1	1	16
	<i>Tetragona kaieteurensis</i> (Schwarz, 1938)				7	15	1			2				25
	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)	8			4	32	1	6			1		1	53
	<i>Trigona branneri</i> Cockerell, 1912				61		1		1			16		79
	<i>Trigona cilipes</i> (Fabricius, 1804)	1		14	41	3	10	6	1				1	77
	<i>Trigona guianae</i> Cockerell, 1910	23	24	20	16	23	29	45	6	4	3	2	7	202
	<i>Trigona gr. fuscipennis</i> Friese, 1900		19	4	9							1	1	34
	<i>Trigona hypogea</i> Silvestri, 1902			1	15	57	1	2						76
	<i>Trigona williana</i> Friese, 1900	1	1	8	4	2						1		17
	<i>Trigonisca dobzhanskyi</i> (Moure, 1950)						1							1
	<i>Trigonisca vitrifrons</i> Albuquerque e Camargo, 2007							1						1
Normadoni	<i>Nomada</i> sp. 1					2		3						5
Osirini	<i>Osiris</i> sp. 1							1						1
	<i>Osiris</i> sp. 2			1								1	3	5
Tapinotaspidini	<i>Tropidopedia duckeana</i> Aguiar e Melo, 2007						1	2	1					4
	<i>Tropidopedia eliasi</i> Aguiar e Melo, 2007					4	2	2	3					11
	<i>Tropidopedia pallidipennis</i> (Friese, 1899)							1						1
	<i>Paratetrapedia (Paratetrapedia)</i> sp. 1	1		1	2	1		1			1			7
	<i>Paratetrapedia basilaris</i> Aguiar e Melo, 2011	2	1	3	5		3	4	4	1	2	1	10	36
	<i>Paratetrapedia connexa</i> (Vachal, 1909)		1		2	2	2		1					8

	<i>Paratetrapedia</i> sp. 1	3	1	2	6	6	15	9	11	1	9		63	
	<i>Paratetrapedia</i> sp. 2	3		5	9	4	4	2	1	4		6	38	
	<i>Paratetrapedia</i> sp. 3				4		1		1		2		8	
Xylocopini	<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp. 1			1									1	
	<i>Ceratina (Ceratinula)</i> sp. 2				8		1						9	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 1	5			1		1			1	2		10	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 2	1	6	4			2	2	2	1		9	27	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 3	1					1				2	1	5	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 4				1								1	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 5									1			1	
	<i>Ceratina (Crewella)</i> sp. 6	1	6	3			1	3		3	1		18	
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) frontalis</i> (Olivier, 1789)						1						1	
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) similis</i> Smith, 1874			1			1						2	
	<i>Xylocopa (Neoxylocopa) tegulata</i> Friese, 1911			1	2		1		1	1	1		3	
	<i>Xylocopa (Schonherria)</i> sp. 1						1						1	
	Totais	572	95	117	380	521	253	197	38	88	125	101	148	2691