**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS- UFAL**
***CAMPUS* DE ARAPIRACA**
**ZOOTECNIA**

**FILIPE AUGUSTO LEAL DANTAS**

# COMPORTAMENTO, DESEMPENHO E MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata* EM DIFERENTES AMBIENTES

**ARAPIRACA**
**2024**

FILIPE AUGUSTO LEAL DANTAS

# COMPORTAMENTO, DESEMPENHO E MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata* EM DIFERENTES AMBIENTES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Zootecnista.

Orientadora: Profa. Dra. Carolyny Batista Lima

ARAPIRACA
2024

Universidade Federal de Alagoas – UFAL
*Campus* Arapiraca
Biblioteca *Campus* Arapiraca - BCA

D192c Dantas, Filipe Augusto Leal
Comportamento, desempenho e morfometria geométrica de abelhas *Melipona quadrifasciata* em diferentes ambientes [recurso eletrônico] / Filipe Augusto Leal Dantas. – Arapiraca, 2024.
23 f.: il.

Orientadora: Profa. Dra. Carolyny Batista Lima.
Trabalho de Conclusão de Curso- Artigo Científico (Bacharelado em Zootecnia) - Universidade Federal de Alagoas, *Campus* Arapiraca, Arapiraca, 2024.
Disponível em: Universidade Digital (UD) – UFAL (*Campus* Arapiraca).
Referências: f. 20-22.

1. Zootecnia. 2. Meliponicultura. 3. Mandaçaia. I. Lima, Carolyny Batista. II. Título.

CDU 636

Bibliotecário responsável: Márcio Thiago dos Santos Albuquerque
CRB - 4 / 2052

FILIPE AUGUSTO LEAL DANTAS

**COMPORTAMENTO, DESEMPENHO E MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata* EM DIFERENTES AMBIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas e aprovado em 15 de julho de 2024.

Documento assinado digitalmente
CAROLYNY BATISTA LIMA
Data: 20/06/2024 17:32:51-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

Orientadora – Profa. Dra. Carolyny Batista Lima
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
*Campus* Arapiraca

**Banca examinadora:**

Documento assinado digitalmente
ADRIANA APARECIDA PEREIRA
Data: 20/06/2024 11:26:06-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

(Examinadora Interna) – Profa. Dra. Adriana Aparecida Pereira
Universidade Federal de Alagoas – UFAL
*Campus* Arapiraca

Documento assinado digitalmente
JAEDSON BARBOSA DE OLIVEIRA
Data: 20/06/2024 19:32:37-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

---

(Examinador Externo) – - Jaedson Barbosa de Oliveira
Engenheiro Ambiental
Mineração Vale Verde

# COMPORTAMENTO, DESEMPENHO E MORFOMETRIA GEOMÉTRICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata* EM DIFERENTES AMBIENTES

# BEHAVIOUR, PERFORMANCE AND GEOMETRIC MORPHOMETRY OF BEEES Melipona quadrifasciata IN DIFFERENT ENVIRONMENTS

Filipe Augusto Leal Dantas [1]
Carolyny Batista Lima [2]

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento, desempenho e a morfometria geométrica das abelhas *Melipona quadrifasciata* nos diferentes ambientes. O experimento foi realizado em *2* meliponários localizados no município de Arapiraca-Al, estando um na zona rural e outro na zona urbana. O tempo de duração foi de 90 dias. A pesquisa constituiu em avaliar 7 enxames de abelha *Melipona quadrifasciata*. Inicialmente as caixas foram medidas (largura x altura x comprimento) e quantificados os compartimentos. As avaliações térmicas e comportamentais ocorreram quinzenalmente, das 06h:00 as 17h:00. Os parâmetros analisados foram: temperatura de globo negro (°C), temperatura interna da colméia (°C), umidade relativa interna da colmeia (%), temperatura do centro e exterminadas do ninho (°C) e temperatura dos potes de mel (°C), n° de abelhas entrando na colmeia, n° de abelhas saindo da colmeia, tempo médio estimado de voo das abelhas (seg.) e retirada do lixo da colmeia. A avaliação do desempenho ocorreu a cada 15 dias, através da pesagem das caixas e do mel extraído. Foram utilizadas 10 abelha por colmeia e observada a morfometria das vênulas das asas. Ao avaliar as medidas das colmeias foram encontrados 5 comprimentos (26,24, 20, 17 e 16 cm), 6 larguras (26, 24, 20, 17, 16,8 e 15,5 cm) e 6 alturas (26, 22, 20, 17,4, 17, 11 cm). Tanto a TGN externa (24,28°C e 26,07°C) quanto a TIC (26,69°C e 25,26°c) encontradas nas colmeias na zona urbana e rural, respectivamente, não deferiram entre si. Já a TCN, TEN, TPM e a URIC quando avaliados ao longo do dia apresentaram diferença estatística, com valores acima da faixa considerada ideal. As caixas estudadas apresentaram um crescimento padrão para o peso. Os resultados morfométricos demonstraram que as abelhas do estado de Alagoas, mesmo nas diferentes regiões de Arapiraca, não apresentaram diferenças métricas significativas nos marcos descritos nas asas. Isso pode ter sido influenciado pela temperatura interna, pelo tamanho e pelo número de compartimentos das colmeias. Com base no que foi observado, conclui-se que as abelhas refletem comportamentos e desempenhos distintos e exibem variações morfométricas significativas nas asas, independentemente das zonas estudadas.

**Palavras-chave:** asas; mandaçaia; meliponicultora.

**ABSTRACT:** The aim of this study was to assess the behaviour, performance and geometric morphometrics of Melipona quadrifasciata bees in different environments. The experiment was carried out in two beehives located in the municipality of Arapiraca-Al, one in a rural area and the other in an urban area. It lasted 90 days. The research involved evaluating 7 swarms of Melipona quadrifasciata bees. Initially, the boxes were measured (width x height x length) and the compartments quantified. Thermal and behavioural assessments took place fortnightly, from 06:00 to 17:00. The parameters analysed were: black globe temperature (°C), internal

[1]Graduando em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Arapiraca, Alagoas, lealfilipe1234@gmail.com
[2]Profa. Dra. da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Arapiraca, Alagoas, cblzte@hotmail.com

temperature of the hive (°C), internal relative humidity of the hive (%), temperature of the centre and extermination of the nest (°C) and temperature of the honey pots (°C), number of bees entering the hive, number of bees leaving the hive, estimated average flight time of the bees (sec.) and removal of waste from the hive. Performance was evaluated every 15 days by weighing the boxes and the honey extracted. Ten bees per hive were used and the morphometry of the wing venules was observed. When evaluating the measurements of the hives, 5 lengths (26, 24, 20, 17 and 16 cm), 6 widths (26, 24, 20, 17, 16.8 and 15.5 cm) and 6 heights (26, 22, 20, 17.4, 17, 11 cm) were found. The external TGN (24.28°C and 26.07°C) and TIC (26.69°C and 25.26°c) found in the urban and rural hives, respectively, did not differ from one another. On the other hand, TCN, TEN, TPM and URIC, when evaluated throughout the day, showed a statistical difference, with values above the range considered ideal. The boxes studied showed standardised weight growth. The morphometric results showed that bees from the state of Alagoas, even in the different regions of Arapiraca, did not show significant metric differences in the landmarks described on the wings. This may have been influenced by the internal temperature, size and number of compartments in the hives. Based on what was observed, it can be concluded that the bees reflect distinct behaviours and performances and exhibit significant morphometric variations in the wings, regardless of the zones studied.

**Keywords:** Wings; mandaçaia; meliponiculturist.

## 1 INTRODUÇÃO

A abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata*, popularmente conhecida como Mandaçaia, é relevante não apenas pela produção de mel, mas pelo equilíbrio do ecossistema. Esse inseto desempenha um papel fundamental como agente polinizador para diversas plantas e culturas agrícolas. Dessa forma, favorece a diversidade genética das plantas, garantindo maior produtividade e qualidade dos frutos. Além disso, outros subprodutos como o geoprópolis produzido por esta espécie ajuda a combater infecções virais e auxilia na prevenção de várias doenças.

A abelha Mandaçaia é uma espécie do gênero Melipona, de grande porte, variando entre 10 a 11 mm de comprimento (Menezes *et al*., 2023). Descrita como bela, dócil e produtiva, caracterizada por quatro listras amarelas intermitentes na região do abdômen. Suas colônias podem alcançar de 300 a 1500 indivíduos, e produzem de 1 a 2 litros de mel por ano.

As abelhas meliponas são encontradas em regiões de clima tropical e subtropical ao redor do mundo. Sendo uma espécie nativa do Brasil, a *M. quadrifasciata* é comumente encontrada da região Nordeste até o Sul do país. É considerada um indicador da saúde do ecossistema local, isso porque, essas abelhas são sensíveis a mudanças ambientais (Luz *et al*., 2018; Silva *et al*., 2014).

Estudos têm demonstrado que alterações ambientais causadas por fatores antropogênicos têm impactos diretos na distribuição de algumas espécies, incluindo a Mandaçaia (Giannini *et al*., 2012). Um dos métodos eficazes para monitorar o desaparecimento desta espécie no ambiente são os estudos morfométricos.

A morfometria geométrica tem sido um instrumento eficaz na avaliação da identidade populacional em grupos de abelhas, podendo ser associados a variações de fatores ambientais como: Distância geográfica e diferenças entre ecorregiões (Souza *et al*., 2018; Carneiro *et al*., 2019; Ribeiro *et a*l., 2019).

Alguns métodos como as dimensões individuais e corporais são características importantes, onde influenciam a capacidade de sobrevivência e produção (Schimidt-Nielsen,

1984). Há indivíduos maiores que tendem a possuir mais reservas de alimento e, portanto, serem resistentes.

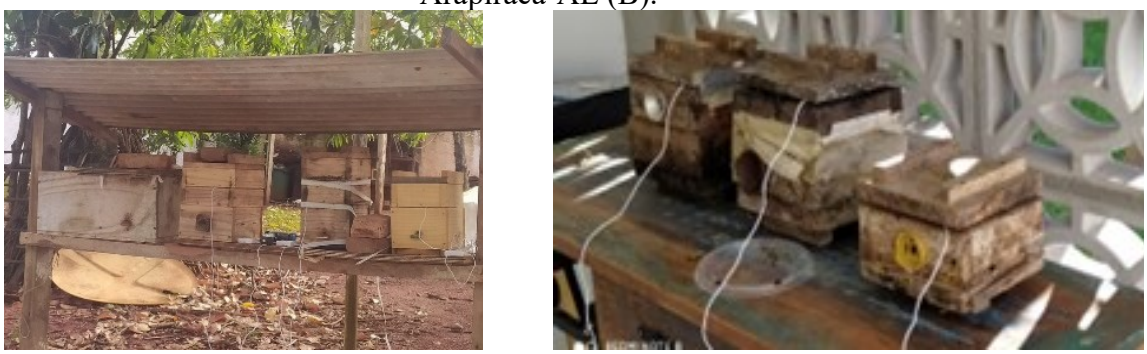
Populações das abelhas sem ferrão *Melipona mandacaia*, da espécie Smith 1863, foram avaliadas utilizando a técnica de morfometria geométrica, observando-se variações morfométricas na forma das asas desses indivíduos. Esses estudos analisaram a variação das populações ao longo do tempo, relacionando as características ambientais locais e o processo de adaptação dos indivíduos às mudanças ambientais ainda não foram completamente estudados. Tais estudos são essenciais para entender o comportamento das populações de abelhas em relação ao ambiente (Prado-Silva *et al*., 2016).

Pensando nisso, objetivou avaliar o comportamento, desempenho e a morfometria geométrica das abelhas *Melipona quadrifasciata* para identificar as principais diferenças e semelhanças entre as populações estudadas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em dois meliponários, ambos localizados no município de Arapiraca-AL. Um estava situado na zona rural, especificamente no povoado Lagoa do Rancho, enquanto o outro, estava na zona urbana, no bairro Baixa Grande (Figuras 1A e 1B). O experimento teve a duração de 90 dias, ocorrendo de fevereiro a abril 2022.

Figura 1- Colmeias localizadas na zona rural (A), colmeias na zona urbana de Arapiraca-AL (B).



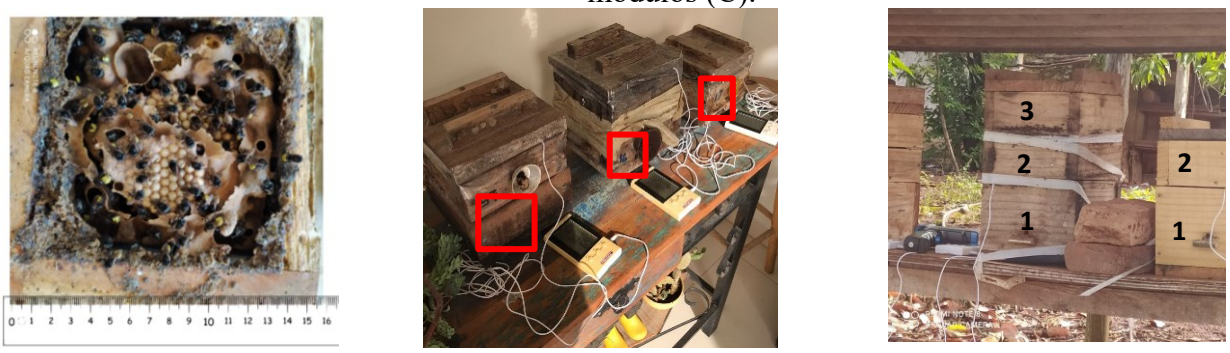
**A** **B**

Fonte: Autoria própria (2022).

A pesquisa avaliou sete enxames de abelhas da espécie Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*), sendo quatro colmeias localizadas na zona rural e três na zona urbana. Inicialmente, todas as caixas foram enumeradas de forma aleatória para facilitar o manejo individual, sendo da seguinte forma: 7, 8, 9 e 10 para a zona rural, e 15, 16 e 17 para a zona urbana.

Em seguida, as caixas foram medidas externamente (comprimento x largura x altura) com o auxílio de uma régua de 30 centímetros. Na zona rural, as dimensões foram: Caixa 07 (26x26x26); 08 (20x20x22); 09 (20x20x22) e 10 (24x24x20). Já na zona urbana foram as seguintes: Caixa 15 (17x16,8x17); 16 (17x17x17,4) e 17 (16x15,5x11). Também foi observada a quantidade de compartimento que cada uma possuía, da seguinte forma: As caixas 07 e 17 somente 1; as caixas 10, 15 e 16, 2 e as caixas 08 e 09, apresentaram 3 compartimentos. (Figuras 2A, B e C).

Figura 2- Medição das caixas (A), enumeração das caixas (B) e identificação dos módulos (C).




**A** **B** **C**

Fonte: Autoria própria (2022).

O meliponário da zona rural estava sob uma estrutura simples, feita de madeira sobre um único cavalete coletivo, com um pé direito de 1,25 m de altura; justificado pela presença de outros animais no local. Para proporcionar sombreamento e reduzir a umidade devido às chuvas, possuía uma cobertura com telha de fibrocimento de apenas uma água. No local, havia a presença de árvores frutíferas como jaqueira, mangueira, laranjeira, aceroleira, limoeiro, além de gramíneas que serviam como pasto apícola.

Por outro lado, o meliponário da zona urbana estava localizado em uma varanda sombreada, elevada a 0,90 m do chão. Este ambiente contava com disponibilidade de água e algumas frutíferas como pé de pinha (fruta do conde), aceroleira, além de arbustos floridos próximos. As colmeias da zona urbana foram cedidas pela Mineração Vale Verde, localizada no município de Craíbas-AL.

Foram utilizadas exclusivamente colônias de abelhas Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata quadrifasciata*) (Figuras 3A e B). Estas abelhas são caracterizadas por terem cabeça e tórax escuros e abdômen com faixas tergais contínuas, largas, amareladas ou alaranjadas e brilhantes. As colônias estudadas apresentavam aproximadamente de 400 a 600 indivíduos, com cinco a nove discos no ninho.

Figura 3- Abelha Mandaçaia coletando barro (A) e abelha Mandaçaia alfinetada (B).

**A** **B**

Fonte: Autoria própria (2022).

As avaliações foram realizadas quinzenalmente, das 6 às 17 horas, a cada hora, e registradas em planilhas. Foram analisados os seguintes parâmetros: Temperatura interna da colmeia- Tic (°C) e Umidade relativa interna da colmeia- Uric (%). Ambos foram medidos com um termo-higrômetro digital equipado com sensores térmicos, posicionados dentro da colmeia. Além disso, foram avaliados os seguintes parâmetros utilizando instrumentos específicos:

Temperatura do globo negro- Tgn (°C), medida através de um termômetro de globo negro na parte externa da colmeia (Figuras 4A e 4B).

Figura 4- Colmeias analisadas com termo-higrômetro (A), aferindo temperatura do globo negro (B).

**A** **B**

Fonte: Autoria própria (2022).

Outros parâmetros como: Temperatura do centro do ninho- Tc (°C); Temperatura da extremidade do ninho-Ten (°C) e Temperatura dos potes de mel-Tpm (°C) foram avaliados a cada três horas (06h:00, 09h:00, 12h:00 e 15h:00) no intervalo de coleta das 06h:00 às 17h:00. Estas medições foram realizadas com o auxílio de um termômetro infravermelho digital.

Os comportamentos das diferentes zonas foram avaliados quinzenalmente ao longo de 12 horas, realizadas durante 15 minutos a cada hora. As observações foram feitas de forma visual e os dados quantificados em fichas de registro (Figura 5A). Foram analisados os seguintes comportamentos: Entrada na colmeia- Ec (unidade); Saída da colmeia- Sc (unidade); Tempo estimado de voo das abelhas- Tev (segundo) e Retirada de lixo- Rl (unidade). A avaliação do Tev foi feita através da média de tempo em que as abelhas forrageavam. Para quantificar a retirada de lixo, foi colocada uma lona branca medindo 2 metros de comprimento por 1,5 metro de largura logo abaixo da entrada das colmeias. Isso permitiu observar e registrar os resíduos retirados da colmeia ao longo do tempo (Figura 5B).

Figura 5- Fichas de avaliação ambiental e comportamental (A) e avaliação visual (B).

**A** **B**

Fonte: Autoria própria (2022).

Para avaliar o desempenho, as colmeias foram pesadas no início e no final de cada coleta/dia durante o período experimental, utilizando uma balança digital com capacidade para

30 kg. Esse procedimento permitiu avaliar a produtividade e o crescimento das colmeias ao longo da coleta de dados.

Foi quantificado o peso do mel retirado de 2 potes da melgueira para pesagem. Para essa medição, utilizou uma balança de precisão com três casas decimais (Figura 6A). Para a extração do mel, foi realizada com o auxílio de uma seringa acoplada a uma mangueira de silicone flexível, garantindo a total coleta do mel (Figura 6B).

Figura 6- Medição do mel na balança de precisão (A) e coleta de mel para pesagem (B).

**A** **B**

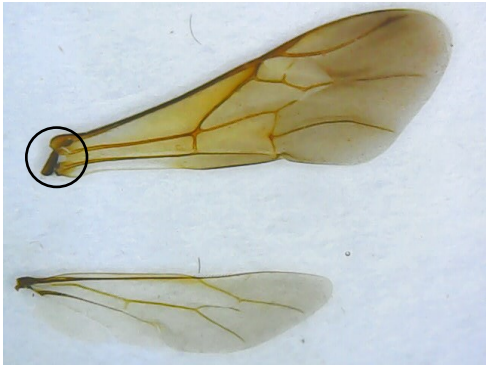
Fonte: Autoria própria (2022).

Os métodos geométricos têm sido um tema de estudo relevante ao longo dos anos, respondendo a diversas questões relacionadas à ordem Hymenoptera, possibilitando a identificação de variações intra e interespecíficas através da análise de pontos de referência (Silva *et al*., 2019; Porrini *et al*., 2019).

Para se ter uma análise morfométrica, ao final dos 90 dias experimentais, foram coletadas 10 abelhas de cada colônia estudada, totalizando 70 indivíduos. Os insetos foram colocados em tubos tipo falcon, devidamente identificados e transportados para o Laboratório de Tecnologias e Produtos de Origem Animal e Apicultura – TPOA, na Universidade Federal de Alagoas-UFAL, *Campus* Arapiraca, para a montagem das lâminas.

No laboratório, as asas direitas (anterior e posterior) de cada abelha foram retiradas com o auxílio de duas pinças de ponta fina, modelo stainless profissional CE©. Com uma pinça, apoiou o tórax da abelha enquanto a outra, foi posicionada sob a tégula (lobo localizado no mesotórax que cobre a articulação das asas), evitando assim qualquer rompimento ou danificação às amostras (Figura 7).

Figura 7- Foto das asas através do microscópio.



**A**

Fonte: Autoria própria (2022).

As asas foram montadas sobre uma lâmina e fixadas com um verniz vitral incolor. Cada lâmina foi projetada para fixar apenas 3 pares. Após a fixação, uma lamínula foi sobreposta, evitando contaminação da amostra. Posteriormente, o material foi examinado com um estereomicroscópio digital (modelo USB com câmera 2.0 MP) e as imagens foram capturadas pelo mesmo equipamento.

Com as imagens obtidas, estas foram convertidas utilizando o software tpsUtil versão 1.82. Em seguida, foi utilizado o software tpsDig versão 2.31 para realizar a marcação dos dez pontos de referência (pontos de interseções), a partir deles foram estabelecidos os marcos anatômicos nas asas dianteiras das abelhas *Melipona quadrifasciata* (Tabela 1).

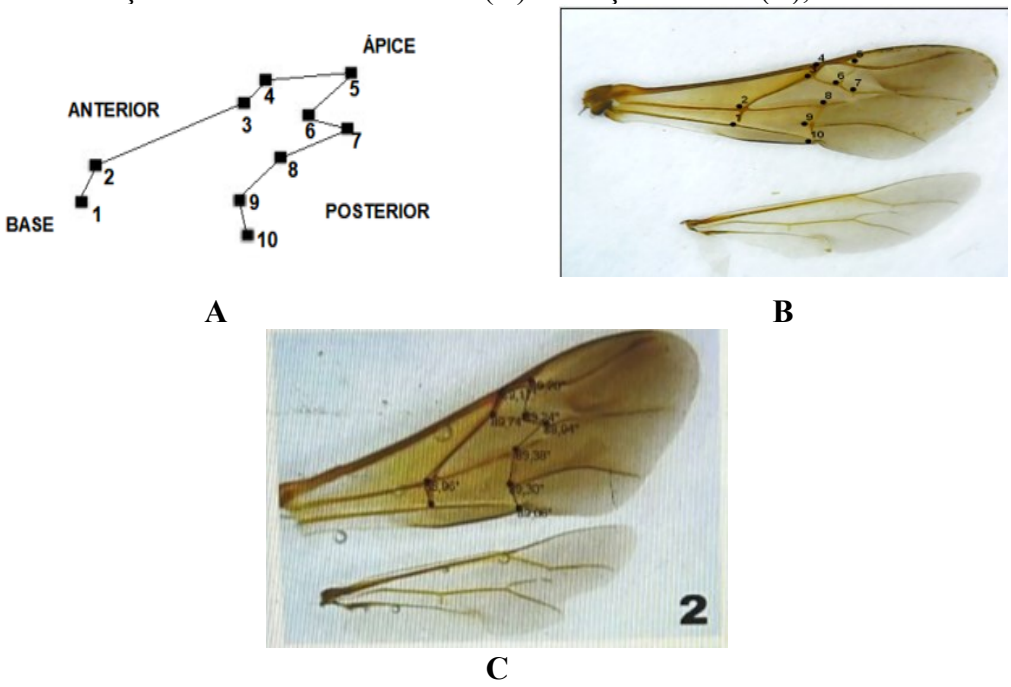
Tabela 1 - Descrição dos marcos anatômicos das asas.

| | Descrição dos marcos |
|---|---|
| **Marco 1** | interseção 1 e 2 |
| **Marco 2** | interseção 2 e 3 |
| **Marco 3** | interseção 3 e 4 |
| **Marco 4** | interseção 4 e 5 |
| **Marco 5** | Bifurcação 5 e 6 |
| **Marco 6** | interseção 6 e 7 |
| **Marco 7** | interseção 7 e 8 |
| **Marco 8** | interseção 8 e 9 |
| **Marco 9** | interseção 9 e 10 |

Fonte: Autoria própria (2022).

Após a marcação dos pontos de referência nas interseções das asas, foi obtida uma matriz com 10 coordenadas para X e 10 coordenadas para Y no plano cartesiano (Figura 8A). Os pontos foram realizados de maneira manual, não sendo identificados erros significativos nas marcações. O processo de obtenção dos marcos foi revisado três vezes, com avaliações realizadas em dias alternados (Figuras 8B e C). Entre a interseção 4 e 5, observou uma bifurcação nas vênulas, essa divisão é nítida entre as interseções 5 e 6.

Figura 8- Descrição dos marcos anatômicos (A). Inserções da asa (B), asa com os dados (C).




Fonte: Autoria própria (2022).

A partir dos valores obtidos durante os períodos de coleta e das diferenças das abelhas em relação ao ambiente onde vivem, foi realizada a análise de Procrustes. Este método permite remover os efeitos de tamanho e posição das partes dos insetos, sendo considerado o melhor na atualidade para a análise da variação na forma da asa estudada.

Para as avaliações morfométricas, foram realizados: Análise de Componentes Principais (PCA); Análise de Variáveis Canônicas (CVA); Distância de Mahalanobis ($D^2$) e Distância de Procrustes. Estas análises foram obtidas com o auxílio do software TPSRelw versão 1.49 (Rohlf, 2010).

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas, analisados descritivamente, com o auxílio do programa Microsoft Excel®. Os dados ambientais (Tic, Uric, Tcn, Ten e Tpm) e comportamentais (Ec, Sc e Tev) foram submetidos à análise de variância e suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, utilizando-se do Programa SAS (Statistical Analyses System) versão 9.0 de análises estatísticas.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela, mostra de forma mais detalhada as descrições das medidas encontradas em cada caixa das diferentes zonas estudadas. A quantidade de compartimento apresentado mostrou que haviam diferenças entre cada colmeia. (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição das medidas externas das caixas e número de compartimentos.

| Zonas | Caixas | Medidas | Compartimentos |
|---|---|---|---|
| Rural | 7 | 26x26x26 | 1 |
| | 8 | 20x20x22 | 3 |
| | 9 | 20x20x22 | 3 |
| | 10 | 24x24x20 | 2 |
| Urbana | 15 | 17x16,8x17 | 2 |
| | 16 | 17x17x17,4 | 2 |
| | 17 | 16x15,5x11 | 1 |

Fonte**:** Autoria própria (2022).

Determinar o tamanho das caixas é um aspecto fundamental para criação das abelhas nativas. A arquitetura de caixa racional pode incrementar a produção, por fornece as melhores condições para seu desenvolvimento (Ribeiro *et al*., 2013).

Quando se fala em medidas e em espessura da madeira que constituirá a parede da colmeia, Costa e Venturieri (2007) recomendam 3,5 cm para regiões frias e 2 a 3 cm para regiões quentes. Já as dimensões internas de todos os módulos para as abelhas Mandaçaias devem ser de 15 x 15 cm, seguindo modelo INPA vertical. Essas medidas foram estabelecidas para que as abelhas não direcionem parte de sua energia produtiva para a termorregulação (Abreu, 2011). Desta forma, as colmeias racionais demandam maior isolamento térmico.

Como a espessura da parede das colmeias se mantiveram em 2 cm, essa não foi uma característica desfavorável a termorregulação. Entretanto, as medidas de comprimento e largura proporcionaram medidas internas acima de 15 x 15 cm principalmente nas colmeias localizadas na zona rural.

Quando avaliados os parâmetros ambientais, somente a temperatura de globo negro e a temperatura interna da colmeia não apresentaram variações entre as duas zonas experimentais (Tabela 3). Entretanto, ao avaliar o Tgn e o Tic de hora em hora ao longo do dia, estas apresentaram diferenças significativas, assim como os demais paramentos avaliados.

Tabela 3 - Médias de temperatura de globo negro-Tgn (°C), temperatura interna da colmeia-Tic (°C), umidade relativa interna da colmeia-Uric (%), temperatura do centro do ninho-Tcn (°C), temperatura extremidade do ninho-Ten (°C) e temperatura dos potes de mel-Tpm (°C) de colmeias localizadas em diferentes zonas experimentais.

| | TGN | TIC (°C) | URIC (%) | TCN (°C) | TEN (°C) | TPM (°C) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Zona Urbana** | 29,15A | 29,53A | 65,18B | 32.32A | 32.43A | 31,87A |
| **Zona Rural** | 28,25A | 28,08A | 79,15A | 30,49B | 30.28B | 29,50B |
| *Valor-P* | 0,0972 | 0,1148 | 0,0001 | 0,0048 | 0,0001 | 0,0001 |

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.
Fonte: Autoria própria (2022).

Segundo Abreu (2011), a melhor faixa interna de temperatura para o desenvolvimento das abelhas Mandaçaia é por volta de 24 a 29,5ºC. Levando em consideração a faixa de temperatura adequada para esses insetos, e média da temperatura interna das colmeias (29,5°C e 28°C), pode-se afirmar que as mesmas estavam dentro da faixa ideal.

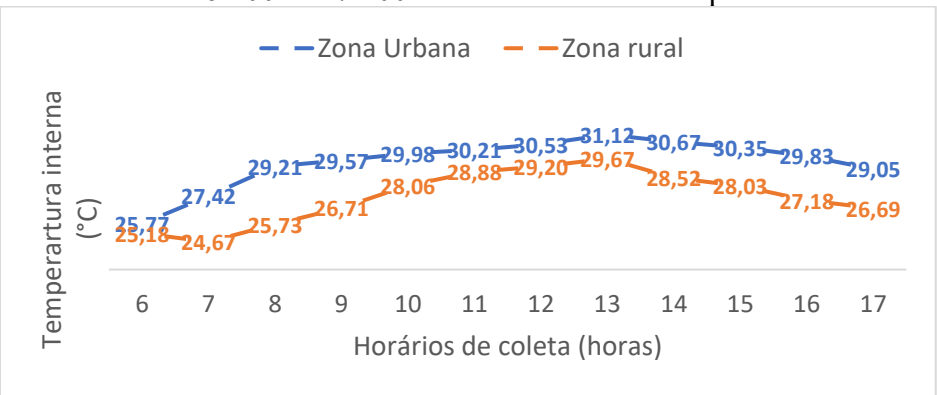
Para um bom desenvolvimento da colônia as abelhas controlam a temperatura do ninho para que fiquem entre 33 e 36°C (Seeley, 1985; Heinrich, 1993; Jones & Oldroyd, 2007). Essa temperatura precisa se manter estável por meio de atividades físicas das operárias.

Levando em consideração essas informações, nenhuma das duas zonas proporcionaram a temperatura adequada para o ótimo desenvolvimento das larvas, pois tanto a temperatura do centro do ninho (32,63°C e 31°C) quanto a temperatura da extremidade do ninho (32,21°C e 30,80°C) na zona urbano e na rural, respectivamente, não estavam dentro da faixa ideal. As colmeias da zona urbana estavam mais próximas da temperatura ideia no ninho que as colmeias da zona rural, isto pode ter ocorrido em função do tamanho das caixas, pois estas apresentaram as maiores medidas de comprimento, largura e altura.

Quando comparada a média de Uric de ambas as zonas estudadas, houveram uma diferença significativa entre elas, apresentando umidade interna superior a 79% para a zona rural, sendo considerada alta. A umidade interna ideal para as abelhas Mandacaias, variam de 50 a 78%.

Ao avaliar o Tic ao longo do dia, observou-se um aumento gradual da temperatura interna em ambas as zonas. Esse aumento foi contínuo até atingir o pico às 13:00 horas. Após esse horário, a temperatura interna começou a diminuir gradualmente (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Médias das temperaturas internas das colmeias de abelhas *M. quadrifasciata* analisadas das 6h:00 as 17h:00 em diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

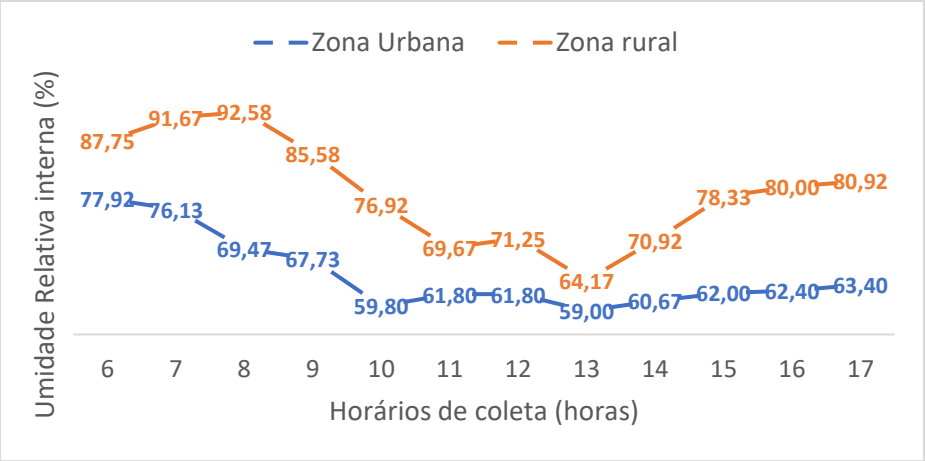
A temperatura exerce forte influência no comportamento de animais ectotérmicos, fazendo com que estes exerçam parcialmente suas atividades como forragear, podendo levá-los a morte em razão de danos causados a sua fisiologia e morfologia (Bozinovic *et al*., 2011). Diante disso, a elevação média das temperaturas internas a 31°C às 13 horas nas colmeias localizadas na zona urbana pode vir a diminuir a longevidade das abelhas *M. quadrifasciata*.

Estudando a temperatura de *M. quadrifasciata,* Li *et al*., (2011) permitiram inferir que a faixa de tolerância térmica para a espécie está entre 26 e 30°C, temperaturas estas consideradas ótimas por não apresentarem danos aos limites fisiológicos dos espécimes. A temperatura desempenha um papel crucial para as abelhas forrageadoras (campeiras), sendo que a Mandaçaia inicia seu forrageamento a partir de temperaturas de 11°C, e a sua elevação, reduz a sua atividade externa para resfriar o ninho (Kleinert *et al*., 2009).

A umidade relativa interna da caixa apresentou um comportamento oposto a temperatura. Nas primeiras medições do dia, observou-se que a Uric na zona rural estava alta, chegando a quase 93%. Essa elevada umidade foi gradualmente reduzida à medida que as horas avançaram e a temperatura interna aumentava.

A partir das 14:00 horas, a umidade começou a aumentar novamente principalmente na zona rural, isto provavelmente em resposta a queda de 2°C da temperatura interna da colmeia, enquanto na zona urbana ela permaneceu estável (Gráfico 2).

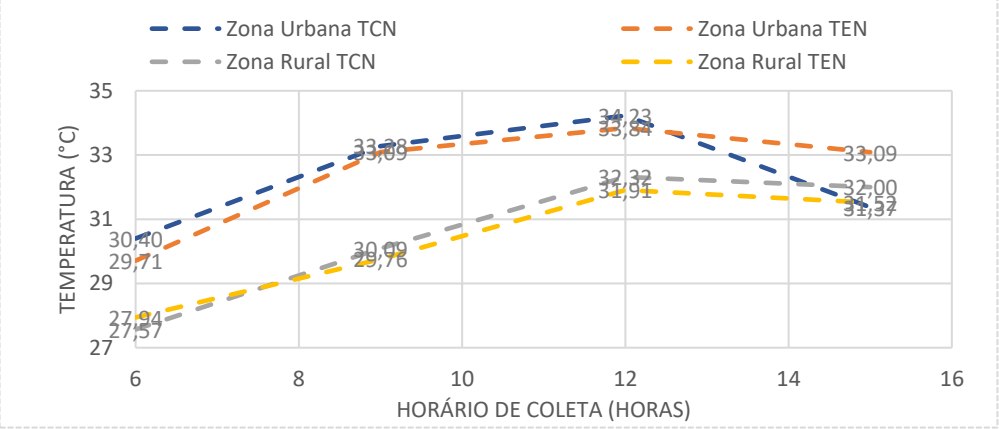
Gráfico 2 - Médias das umidades relativas interna das colmeias de abelhas *M. quadrifasciata* analisadas das 6h:00 as 17h:00 em diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

O ambiente é composto por diversos fatores que promovem estresse e englobam todas as combinações onde esses insetos vivem, fatores como: umidade relativa, temperatura e radiação solar. Essas variáveis podem contribuir no decréscimo na produção de mel e outros prejuízos a colônia de abelha como o efeito significativo nas larvas durante a incubação (Human *et al*., 2006). Há relatos que umidades de até 75% apresentam maior incubação larval (Ellis *et al*., 2008).

Gráfico 3 - Descrição de Temperatura do centro do ninho-Tcn (°C), e da temperatura da extremidade do ninho-Ten (°C) das duas zonas estudadas analisadas as 06:00, 09:00, 12:00 e as 15h:00.

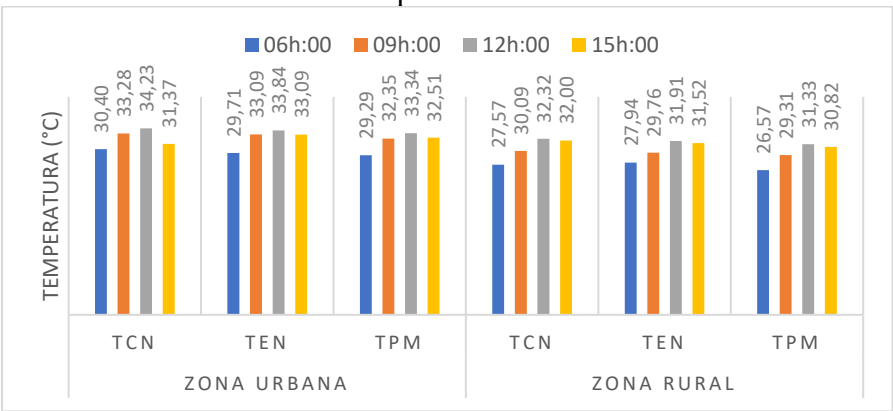



Fonte: Autoria própria (2022).

Houve um aumento da Tcn em ambas as zonas a medida em que a temperatura externa em consórcio com o horário de coleta estava avançando. Essa elevação atingiu uma máxima às 12:00 se mantendo durante o restante do dia. Assim como a Tcn, a Ten apresentou uma elevação em ambas a zonas.

Ao analisar as temperaturas do ninho e dos potes de mel nas diferentes zonas, foi observado uma diferença significativa com maiores valores nas colmeias da zona urbana (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Médias da Temperatura do centro do ninho-Tcn (°C), da temperatura da extremidade do ninho-Ten (°C) e da temperatura dos potes de mel-Tpm (°C) das colmeias de abelhas *M. quadrifasciata* analisadas as 06h:00, 09h:00, 12h:00 e as 15h:00 em diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

Essa diferença pode estar relacionada ao tamanho da caixa, uma vez que, as medidas internas estavam abaixo das recomendadas que seria 15x15 cm. Na caixa 15, por exemplo, estava com medidas internas de 13x12,8 cm, na 16 apresentou 13x13 cm e a 17 com dimensão de 12x11,5 cm. De forma hipotética, as medidas internas em cm² das caixas apresentadas com uma média de 400 indivíduos, apresentam uma variação de até 39% a menos de área da que seria a recomendada.

O número de compartimentos também pode ter interferido, pois quanto menor o número de módulos, mais reduzido será o espaço interno. Esses dois fatores podem ter causado uma

interferência maior sobre essas temperaturas internas que a externa, medidas através do globo negro. Pois essa não apresentou diferença estatística entre as duas zonas, apresentando uma média de 25°C durante os meses de fevereiro a abril.

Ao avaliar as médias de entrada e saída das colmeias, foi possível notar diferença significativa entre as caixas estudadas através da área de forrageamento das abelhas. Avaliando a área das Mandaçaias na zona rural foi maior em comparação as da zona urbana, possibilitando um maior fluxo das abelhas. Com relação ao tempo estimado de voo das abelhas não foi observada diferença significativa para o Tev das abelhas em ambas as zonas.

Tabela 4 - Descrição das médias de entrada na colmeia - Ec (unidade), saída da colmeia - Sc (unidade) e tempo estimado de voo- Tev (segundos) das abelhas localizadas em diferentes zonas experimentais.

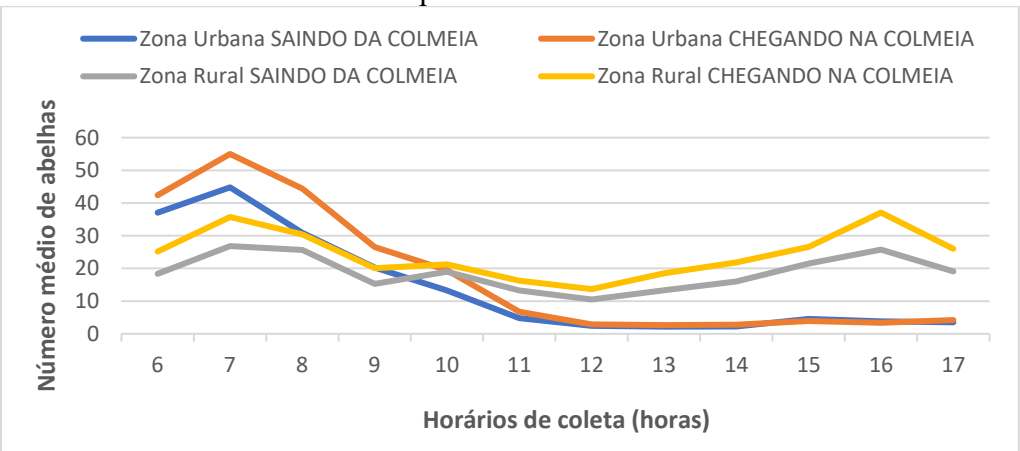
| | **EC** | **SC** | **TEV** |
|---|---|---|---|
| **Zona Urbana** | 16.492B | 17.269A | 28.792A |
| **Zona Rural** | 22.506A | 13.067B | 18.276A |
| *Valor-P* | 0,0177 | 0,0312 | 0,1405 |

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.
Fonte: Autoria própria (2022).

Estudos voltados para padrões de forrageamento e condições climáticas de colônias de meliponíneos (Roubik, 1989), podem ser imprescindíveis para o entendimento de como tais fatores afetará o processo de procura de recursos florais pelas abelhas, pois o conhecimento sobre as atividades de voo de *Melipona quadrifasciata* e de outras espécies de polinizadores é importante por possibilitar a elaboração de planos de preservação e conservação dos ecossistemas (Hrncir, 2000).

Foi observado que as abelhas iniciavam o dia com um número maior de indivíduos entrando na colmeia em comparação com os que saíam, o que indica um padrão relacionado ao horário de forrageamento das *M. quadrifasciata* (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Fluxo médio de entrada e saída das abelhas *M. quadrifasciata* na colmeia das 6h:00 as 17h:00 ao longo dos meses de fevereiro e abril de 2022 nas diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

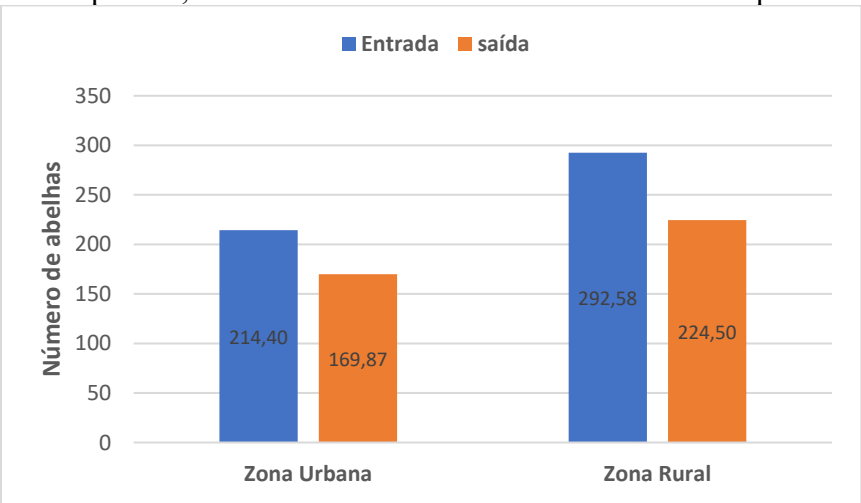
Estas abelhas iniciam seu forrageamento ao raiar do dia ou as às 05:00 horas da manhã, o que explica o aumento do fluxo de campeiras às 06:00 horas, por já estarem no campo. Foi observado um pico às 07:00 horas em ambas as zonas, seguido por uma queda na zona urbana e uma manutenção constante na entrada e saída das abelhas na zona rural durante todo o dia, vindo estar a apresentar um novo pico às 16:00 horas.

É possível observar que no período das 06h:00 as 08h:00 da manhã houve maior atividade de forrageamento pelas abelhas, coincidindo com os horários mais baixos e ameno da temperatura de globo negro, que se encontrava entre 23°C a 25°C. A baixa temperatura é um dos fatores limitantes na atividade de voo das abelhas (Hilário *et al*., 2012). Entretanto, observou-se que, quando a temperatura externa e umidade diminuía, as Mandaçaias diminuíam o número de saída para o forrageamento.

Alguns fatores abióticos podem interferir nos padrões de forrageamento tanto na forma que é coletado o material por conta da disponibilidade das mesmas, como nos horários de saída das abelhas de suas colônias (Heinrich; Esch, 1994) que podem por sua vez serem influenciadas por diferentes condições microclimáticas (Klein; Steffan-Dewenter; Tscharntke, 2003) uma vez que 19 para Roubik (1989) as abelhas pertencentes a tribo Meliponini coletam recursos não de acordo com a necessidade da colônia como ocorre em Apis mais sim coletam recursos de acordo com sua disponibilidade no meio ambiente e assim alteraram os padrões de distribuições geográficas das espécies de abelhas (Hilário *et al*., 2000).

O maior número de campeiras entrado na colmeia em relação ao número observado das que estavam saindo (Gráfico 6), também foi observado por Silva *et al*., (2019) ao avaliar a influência da temperatura e umidade sobre as atividades de voo e sobrevivência de *Melipona quadrifasciata*. Fatores abióticos, portanto, podem interferir nos padrões de forrageamento tanto no que diz respeito ao tipo de coleta realizada por conta da disponibilidade das plantas, quanto as diferenças de horários de saída das abelhas de suas colônias.

Gráfico 6 - Número total de entrada e saída de operárias nas colmeias de abelhas *M. quadrifasciata* por dia, das 6h:00 às 17h:00 nas diferentes zonas experimentais.

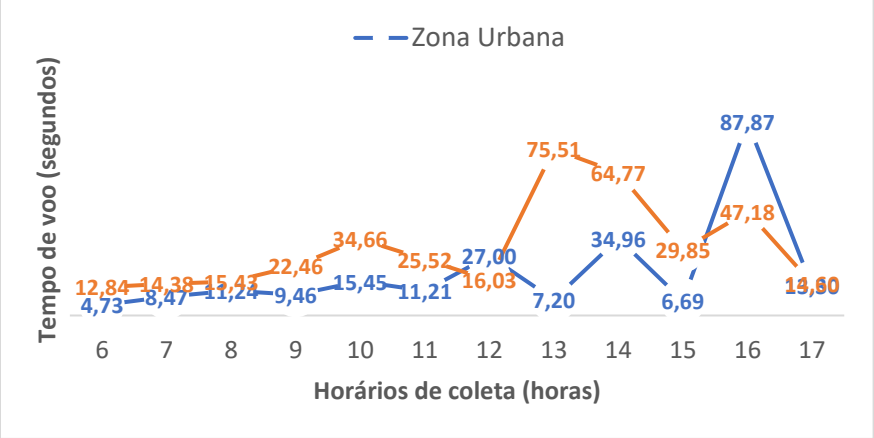



Fonte: Autoria própria (2022).

Para Roubik (1989) as abelhas pertencentes a tribo Meliponini coletam recursos não de acordo com a necessidade da colônia como ocorrem nas espécies de *Apis mellifera*, mas sim, coletam recursos de acordo com sua disponibilidade no meio ambiente e assim, alteraram os padrões de distribuições geográficas das espécies de abelhas (Hilário *et al*., 2000). Portanto, conhecer como os microclimas locais atuam sobre o comportamento das atividades de voo das abelhas *M. quadrifasciata* pode ser importante por permitir um programa de manejo adequado à espécie quanto local que está inserida.

Foi observado em ambas as zonas uma similaridade média no tempo de voo das Mandaçaias. Houve um pico às 13:00 horas na zona rural e 14:00 horas para a zona urbana. Em seguida, notou uma queda em ambas as zonas, apresentando um novo pico as 16:00 para zona urbana. (Gráfico 7).

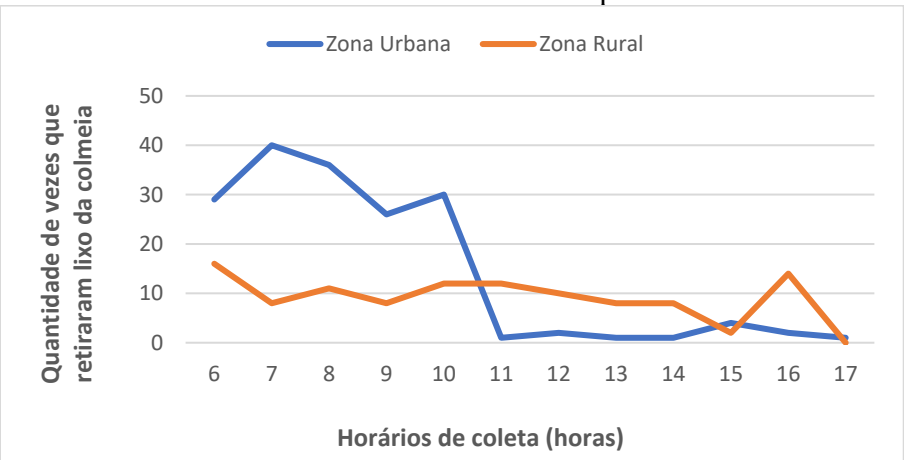
Gráfico 7 - Fluxo médio do tempo de voo das abelhas *M. quadrifasciata*, das 6h:00 às 17h:00 nas diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

Observou-se que as abelhas da zona urbana começam o dia retirando o lixo, atingindo um pico às 07:00 horas, seguido por uma leve queda até às 09:00 horas e uma nova elevação às 10:00. Isso indica que as abelhas da zona urbana são mais ativas nos primeiros horários do dia. Por outro lado, as abelhas da zona rural mantiveram um padrão constante ao longo do dia, com um pico de retirada de lixo no período da tarde, às 16:00 horas (Gráfico 8).

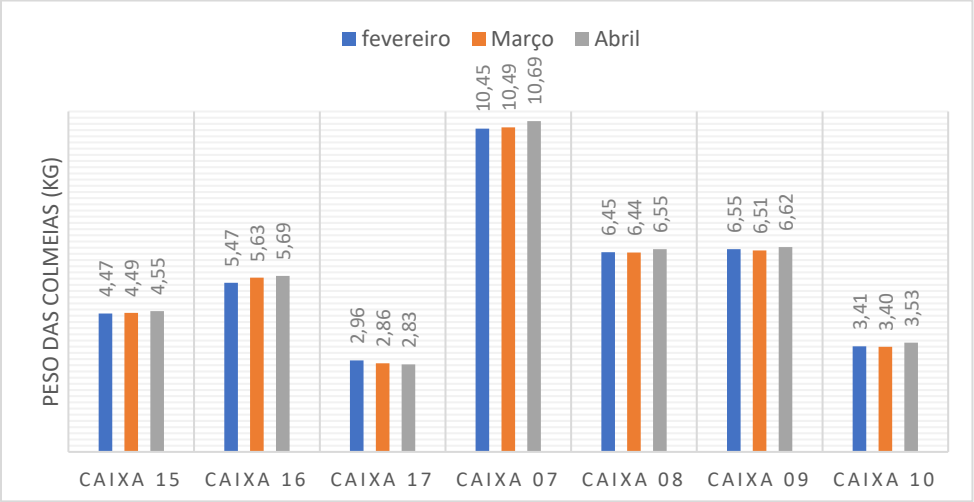
Gráfico 8 - Fluxo médio de retirada de lixo da colmeia de abelhas *M. quadrifasciata*, das 6h:00 às 17h:00 nas diferentes zonas experimentais.




Fonte: Autoria própria (2022).

Houve diferença do peso das colmeias ao longo dos meses estudados, e essa diferença pode estar relacionada ao tamanho da caixa e ao número de compartimentos presentes em cada uma. Notou-se uma variação de peso entre 100 e 240g por colmeia ao longo dos três meses experimentais, existindo um padrão crescente. (Gráfico 9).

Gráfico 9 - Peso das colmeias de abelhas *M. quadrifasciata* observadas nos meses experimentais.



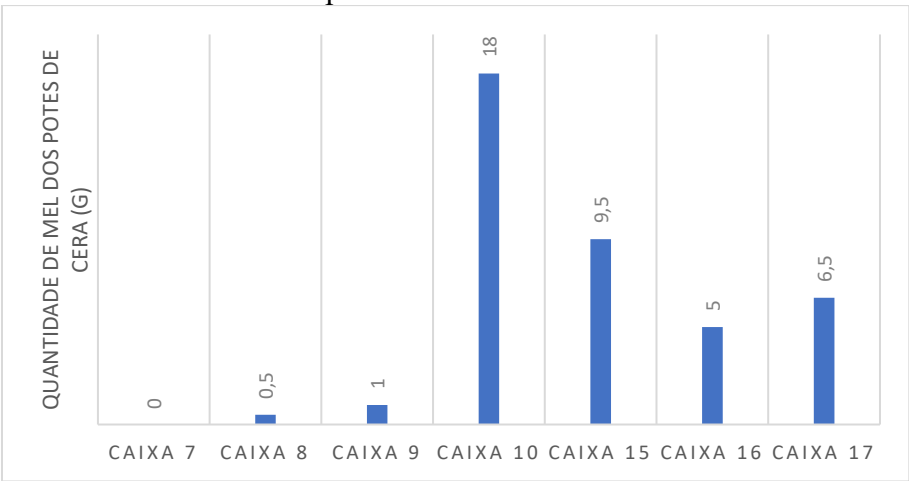

Fonte: Autoria própria (2022).

Os potes de mel estavam armazenando cerca de 6 a 15g de mel/por pote/por colmeia. Os potes presentes ficavam ao redor dos discos de cria medindo 3 a 5cm de altura por 1 a 3 cm de diâmetro.

Não foi possível fazer a contagem dos potes de mel devido à baixa luminosidade, uma vez que, as coletas eram realizadas no último horário, entre 17:00 e 17:15. Outros fatores que interferiram na contagem foram o excesso de resíduos de geoprópolis ao redor das caixas e o frio na zona rural, dificultando o tempo de coleta do mel para a pesagem.

Durante o período em que o experimento foi conduzido, o Nordeste brasileiro estava sob influência do fenômeno La Niña, no qual, é caracterizado pelo excesso de chuvas em algumas regiões. Entre fevereiro a abril, mesmo sendo final de verão e início de outono, devido às chuvas, as abelhas estavam se preparando para o armazenamento de recursos para o período frio. Por essa razão, foi coletado mel de apenas dois potes por colmeia, para evitar qualquer prejuízo ao enxame (Gráfico 10).

Gráficos 10 - Peso médio do mel armazenados em dois potes de cera da melgueira nas diferentes caixas no período de fevereiro a abril de 2024.




Fonte: Autoria própria (2022).

A caixa 07 não houve extração de mel devido ao excesso de geoprópolis na entrada, o que dificultou o acesso aos potes e a manutenção interna da colmeia. Enquanto na caixa 10,

apesar de ser a colmeia mais nova na zona rural, foi a que apresentou maior quantidade de mel em dois potes devido ao seu volume populacional.

Os marcos anatômicos obtidos foram processados utilizando métodos estatísticos multivariados de sobreposição de Procrustes pelo método dos quadrados mínimos e a matriz de covariância foi calculada utilizando o software TPSRelw versão 1.49 (Rohlf, 2010).

As medidas médias obtidas em ambas as zonas foram consistentes com a descrição dos marcos, variando de 88,2 a 89,8%. Esses valores indicam uma diferença métrica no marco 6 das asas entre as duas zonas. Essa diferença pode ter ocorrido devido a uma bifurcação entre o marco 6, nas interseções 5 e 6. Com isso, ao comparar os marcos das asas das abelhas entre as 7 colmeias de diferentes localizações, foi encontrada diferença significativa, havendo assim, variação no tamanho ou nas dimensões das asas (Tabela 5).

Tabela 5- Médias em mm dos nove marcos estabelecidos nas asas de abelha Mandaçaias.

| | Locais de observações | | | |
|---|---|---|---|---|
| | (Zona rural) | (Zona urbana) | EPM | *p valor* |
| Marco | Medidas (mm) | | | |
| 1 | 0,64 | 0,64 | 0,011 | 0,863 |
| 2 | 2,36 | 2,45 | 0,029 | 0,159 |
| 3 | 0,63 | 0,59 | 0,012 | 0,163 |
| 4 | 0,84 | 0,81 | 0,010 | 0,279 |
| 5 | 0,87 | 0,86 | 0,010 | 0,694 |
| 6 | 0,58 | 0,51 | 0,015 | 0,023 |
| 7 | 1,08 | 1,04 | 0,210 | 0,421 |
| 8 | 0,80 | 0,84 | 0,018 | 0,344 |
| 9 | 0,61 | 0,64 | 0,018 | 0,481 |

EPM: Erro padrão da média.
Fonte**:** Autoria própria (2022).

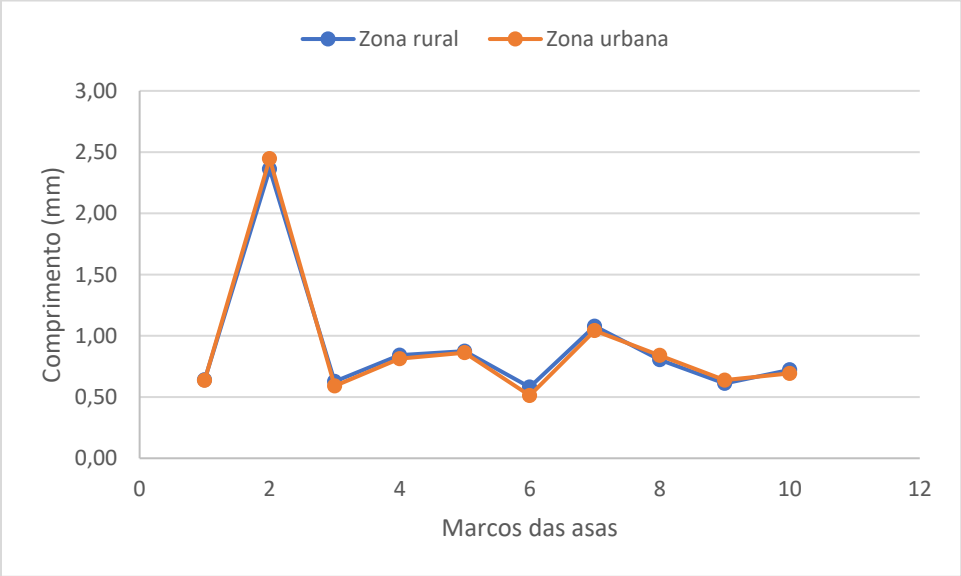
A morfometria geométrica de abelhas sem ferrão tem sido abordada recentemente por vários autores. Entre eles, Nunes (2007), analisou as medidas das asas anteriores e posteriores da *Melipona quadrifasciata*, utilizando como medidas as coordenadas de 12 marcos anatômicos para as asas anteriores através da análise de Procrustes.

Outro estudo relevante foi realizado por Araújo *et al*. (2014) onde utilizou técnicas de morfometria geométrica para analisar a distância de forma entre o sexo da Mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*) e de mais duas espécies de abelhas.

Essas informações proporcionam uma base para estudos comparativos entre espécies de diferentes regiões, como o trabalho de Passos (2010), que utilizou técnicas morfométricas para avaliar a identidade das espécies de abelhas Mandaçaia, investigando também a possível existência de híbridos.

A variação nas dimensões das asas pode estar relacionada ao tempo ou a barreiras geográficas entre populações e pode incluir aspectos ainda não estudados como distância de voo e comportamento de enxameamento das espécies, entre outros (Nogueira, 2019). A temperatura desempenha um papel crucial para as abelhas forrageadoras (campeiras), sendo que a Mandaçaia inicia seu forrageamento a partir de temperaturas de 11°C, e a sua elevação, reduz a sua atividade externa para resfriar o ninho (Kleinert *et al*., 2009) (Gráfico 11).

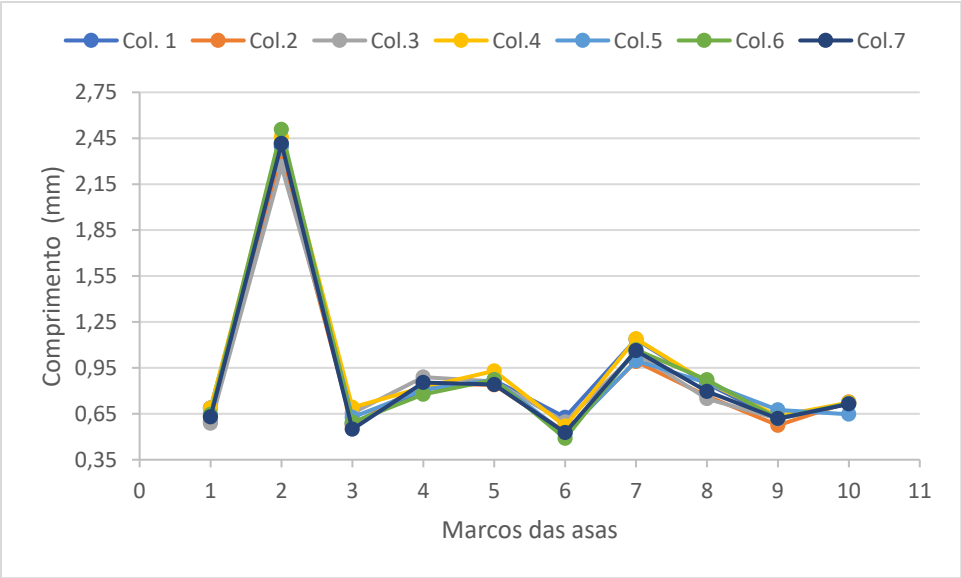
Gráfico 11 - Descrição dos marcos anatômicos das asas de abelhas criada nas diferentes zonas.




Fonte: Autoria própria (2022).

Entretanto, ao comparar as abelhas do município de Arapiraca, embora localizadas em diferentes áreas, não apresentaram diferença métrica entre os marcos descritos nas suas asas. Isso pode ter ocorrido pelo fato de as colmeias não apresentarem temperaturas internas (Gráfico 12).

Gráfico 12 - Descrição dos marcos anatômicos das asas de abelhas nas diferentes colônias de ambas as zonas.




Fonte: Autoria própria (2022).

Quando foi avaliado os marcos anatômicos presentes nas asas de abelhas das diferentes colmeias sendo coletadas de ambas as zonas, foi observado que mesmo as abelhas sendo de colmeias diferentes, porém da mesma zona, os marcos das suas asas não apresentaram diferença significativa.

Nas duas zonas, apesar de haver um número reduzido de colônias, sendo 4 na zona rural e 3 na zona urbana, algumas dessas colônias são multiplicadas a partir de outros enxames presentes no local.

Como alternativa para evitar a consanguinidade entre as espécies, alguns meliponicultores introduzem colmeias novas em seus meliponários, aumentando assim, a variabilidade genética entre as espécies de abelhas. Isso resulta em variação morfométrica, visando evitar perdas nos enxames e contribuir para a conservação dessas espécies.

## 4 CONCLUSÃO

Com base no que foi visto, conclui-se que as abelhas refletem os comportamentos e desempenho distintos entre as zonas estudadas.

As caixas também exibem variações morfométricas significativas nas asas do marco 6 da zona rural e zona urbana.

## REFERÊNCIAS

ABREU, C. O. de. **Atividades de voo de Melipona quadrifasciata Lepeletier, 1836 (Apidae, Meliponinae) e sua preferência floral no Parque das Neblinas, Mogi das Cruzes, SP**. 2011. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

ARAÚJO, M. *et al*. The chemical composition and pharmacological activities of geopropolis produced by Melipona fasciculata Smith in northeast Brazil. **Journal of Molecular Pathophysiology**, v. 4, p. 12-20, 2015.

BOZINOVIC, F. *et al*. The Mean and Variance of Environmental Temperature Interact to Determine Physiological Tolerance and Fitness. **Physiological and Biochemical Zoology**, v. 84, n. 6, p. 543–552, nov. 2011.

COSTA, L.; Venturieri, G. C**.** Caixas incubadoras para a formação e observação de colônias de abelhas sem ferrão (Apidae: Meliponina). **Bioscience Journal**, v. 23, supl. 1, p. 141-146, 2007.

ELLIS, M. B. *et al*. Hygropreference and brood care in the honeybee (Apis mellifera). **J Insect Physiology**, v. 54, p. 1516–1521, 2008.

GIANNINI, T. C *et al*. Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 244, p. 127–131, 2012.

HEINRICH, B. Strategies and Mechanisms of Thermoregulation, In: The Hot-Blooded Insects Harvard: **Harvard University Press**, p. 227-276, 1993.

HILÁRIO, S. D.; imperatriz-fonseca, V. L.; kleinert, A. M. P. Flight activity and colony strength in the stingless bee Melipona bicolor bicolor (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia,** São Carlos, v. 60, n. 2, p. 299-306, 2000.

HILÁRIO, S. D.; Ribeiro, m. F.; Imperatriz-fonseca, v. L. Can climate shape flight activity patterns of Plebeia remota (Hymenoptera, Apidae)? **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 102, n. 3, p. 269-276, 2012.

HUMAN, H.; nicolson, s. W.; dietemann, v. Do honeybees, Apis mellifera scutellata, regulate humidity in their nest? **Naturwissenschaften**, v. 93, p. 397–401, 2006.

HRNCIR, M**.** *et al*. Recruitment behavior in stingless bees, Melipona scutellaris and M. quadrifasciata. II. Possible mechanisms of communication. **Apidologie**, v. 31, p. 93-113, 2000.

KLEIN, A. M.; steffan-dewenter, i.; tscharntke, t. Pollination of Coffea canephora *In* relation to local and regional agroforestry management. **Journal of Applied Ecology**, v. 40, p. 837-845, 2003.

KLEINERT, A. M. P. *et al*. Abelhas sociais (Bombini, Apini, Meliponini). *In*: PANIZZI, A.R.; PARRA, J.R.P. (eds.). **Bioecologia e nutrição de insetos.** Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. 2009. p. 371-424.

LI, H. B. *et al*. Thermal tolerance of Frankliniella occidentalis: Effects of temperature, exposure time, and gender. **Journal of Thermal Biology**, v. 36, n. 7, p. 437–442, 2011.

LUZ, C. F. P. *et al*. Floral resources and risk of exposure to pesticides for Melipona quadrifasciata anthidioides Lepeletier 1836 in a Cerrado of São Paulo (Brazil). **Grana**, v. 57, n. 5, p. 377–400, 2018.

MENEZES, C. *et al*. **Abelhas-sem-ferrão relevantes para a meliponicultura no Brasil.** [livro eletrônico]. São Paulo: Associação A.B.E.L.H.A, 2023.

NOGUEIRA, d. S. *et al*. Geometric morphometrics of wing venation to differentiates new species of Scaura Schwarz populations (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Scientia Plena**, v. 15, n.1, 2019

NUNES, L.A. *et al*. Population divergence of melípona quadrifasciata anthidioides (Hymenoptera: Apidae) endemic to the semi-arid region of state of Bahia, Brazil. **Sociobiology**. v. 52, p. 81-93, 2008.

PRADO-SILVA. *et al*. Variação do formato da asa anterior em Melipona mandacaia Smith, 1863 (Hymenoptera, Meliponini) ao longo de sua distribuição geográfica. **Journal of Hymenoptera Research**. v. 48, n. 85, 2016.

PORRINI, L.P., *et al*. Southern limit of Africanized honey bees in Argentina inferred by mtdna and wing geometric morphometric analysis. **Journal of Apicultural Research**, v. 50, p. 1-10, 2019.

RIBEIRO, M. *et al*. Morphometric Changes in Three Species of Euglossini (Hymenoptera: Apidae) in Response to Landscape Structure. **Sociobiology**, v. 66, p. 339-347, 2019.

RIBEIRO, M. de F.; *et al*. Avaliação do peso de ninhos de mandaçaia (Melipona mandacaia) usando dois modelos de colmeias em área de caatinga, em Petrolina (PE). *In*: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 8., 2013, Fortaleza. **Anais [**...]. Sobral: Universidade Estadual Vale do Acaraú: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2013.

ROHLF, F.J. TPSRelw, relative warps analysis. Computer program. Version 1.49. **Department of Ecology and Evolution**, State University of New York at Stony Brook, New York., 2011.

ROUBIK, D.W. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge, **Cambridge University Press**. p.514, 1989.

SILVA, C. I. S. *et al.* **Guia ilustrado de Abelhas Polinizadoras do Brasil**. São Paulo: [*s. n.*], 2014.

SILVA, F.A.Z. *et al* . Morfometria geométrica das asas permite verificar o posicionamento racial de abelhas africanizadas. **Pubvet**, v. 13, p. 453, 2019.

SOUZA, A.V. *et al*. Sexual dimorphism and morphometric characterization of Centris tarsata Smith, 1874, Hymenoptera: Apidae in different environments. **Acta Agronomica**, v. 67, p. 438, 2018.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a N. Sa Desatadora dos Nós a quem sou devoto, por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar e desistir durante a trajetória acadêmica, toda honra e glória. Amém!

Aos meus pais Simone e Fernando, meus irmãos de sangue Fernanda e Gabriel e minha irmã de alma Ingrid, que me incentivaram e nos momentos difíceis, apesar da distância, nunca desistiram de mim e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava ao curso e a esse trabalho, amo vocês. Agradeço aos meus avós paternos Francisco e Idalice (IN MEMORIAN) e maternos Osvaldo (IN MEMORIAN) e Maria Helena pelo amor, carinho, educação e toda dedicação ao longo da vida, vocês são eternos em meu coração.

Quero agradecer a Filipe Bruno por me incentivar a buscar a excelência e a superar meus próprios limites. Agradeço por ser meu ombro amigo e porto seguro durante todo o processo da escrita desse trabalho. Agradeço pela família incrível e acolhedora que ele tem e que, de certo modo se tornou minha também. Seu carinho, sinceridade e amor foram grandes estímulos para minha dedicação ao trabalho, te amo.

Aos meus amigos de graduação, em especial, Vanessa e Yan que sempre estiveram ao meu lado. Evandro, por todo ensinamento teórico e prático, devo muito a você, meu patrão. A Layane e Monique pelas as diversas palavras de esperança em meio tanta turbulência. Ao Lucas que me apoiou na pesquisa desse trabalho durante uma crise mundial, podia fazer chuva ou sol, ele estava comigo, muito obrigado vaqueiro. A Laura pelo carinho e pela amizade incondicional. Agradeço a toda a turma que, ao longo de todo o curso, me motivaram de alguma forma e só estou aqui graças ao apoio de vocês.

A minha querida orientadora, que além de professora, foi uma mãe para mim durante os 5 anos de graduação. Obrigado Professora Carol pelos ensinamentos, puxões de orelha, mas acima de tudo, respeito!

Agradeço aos meus professores, pelas correções e lições passadas que me permitiram ter um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. A Universidade Federal de Alagoas-UFAL/Arapiraca por tornar meu sonho realidade. Obrigado!

A todos da empresa Mineração Vale Verde, em especial o Eng. Jaedson pela disponibilidade e pelo fornecimento de dados e materiais que foram fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos de vida, em especial, Lismary e Samira, minhas irmãs de consideração, obrigado por fazerem parte da minha infância, adolescência e vida adulta. Amo vocês, estou com saudades. Lucca e Neilson, obrigado por sempre torcerem e se orgulharem da minha vitória, amo muito vocês, saudades.

E aos que cruzaram a minha vida durante esses anos de graduação, sintam-se representados. Obrigado!