



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS**



ADRYELE GOMES MAIA

**AValiação DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TOXICIDADE DE
VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE ABELHAS CANUDOS**

Campina Grande – PB

2024

ADRYELE GOMES MAIA

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TOXICIDADE DE
VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE ABELHAS CANUDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Área de concentração: Engenharia de Recursos Naturais

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

COORIENTADOR: Prof. Dr. Patrício Borges Maracaja

Campina Grande – PB

2024

M217a

Maia, Adryele Gomes.

Avaliação do potencial nutricional e toxicidade de vegetais na alimentação suplementar de abelhas canudos / Adryele Gomes Maia. – Campina Grande, 2024.

91 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2024.

"Orientação: Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata, Prof. Dr. Patrício Borges Maracajá".

Referências.

1. Abelhas – Cultura. 2. Ecologia Nutricional das Abelhas. 3. Meio Ambiente – Semiárido Nordestino. 4. Abelha Canudo (*Scaptotrigona depilis*). 5. Dieta Artificial – Fatores Abióticos. I. Mata, Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti. II. Maracajá, Patrício Borges. III. Título.

CDU 638.12(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA E GESTAO DE RECURSOS NATURAIS

Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

ADRYELE GOMES MAIA

Dissertação apresentada ao Programa de Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais.

Aprovada em: 29/02/2024

Dr.(a.) **Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata/UFCG** (Orientador PPGEGRN).

Dr.(a.) **Patrício Borges Maracaja/UFCG** (Coorientador PPGGS).

Dr.(a.) **Viviane Farias Silva/UFCG** (Examinador Interno).

Dr.(a.) **Aline Carla de Medeiros/UFCG** (Examinador Externo).



Documento assinado eletronicamente por **VIVIANE FARIAS SILVA, VICE-COORDENADOR**, em 11/03/2024, às 12:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARIO EDUARDO RANGEL MOREIRA CAVALCANTI MATA, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/03/2024, às 12:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrício Borges Maracaja, Usuário Externo**, em 12/03/2024, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ALINE CARLA DE MEDEIROS, Usuário Externo**, em 12/03/2024, às 15:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **ADRYELE GOMES MAIA, Usuário Externo**, em 13/03/2024, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **4232184** e o código CRC **C22AB67F**.

*“Deem graças em todas as
circunstâncias, pois esta é a vontade de
Deus para vocês em Cristo Jesus”
(1 Tessalonicenses 5:18)*

DEDICATÓRIA

Aos pilares da minha vida, minha família: meus pais, Josefa Maia e Antônio Maia, e meu irmão, Chagas Neto, assim como ao inspirador mestre, Professor Patrício. Com profunda gratidão, dedico a vocês o fruto de cada conquista.

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a Deus, fonte de toda sabedoria e guia em cada passo da minha jornada. A Ele agradeço por proporcionar as oportunidades, força e inspiração necessárias para a realização das minhas conquistas.

Dedico à minha família pilares sólidos que fundamentam minha jornada. À minha mãe, Josefa, agradeço pela sua sabedoria e fé, que sempre iluminaram o meu caminho. Ao meu pai, Antônio, expresse minha gratidão pela sua incansável batalha, que foi um exemplo de perseverança em minha vida. E ao meu amado irmão, Chagas Neto, sua força e crença constante em mim foram verdadeiros alicerces, sustentando-me nos momentos desafiadores.

Aos meus avós, com uma ênfase especial na memória do meu avô Genezio, cuja sabedoria perdura como um guia constante em minha jornada. Dedico também estas palavras a todos os membros da minha família - tios, tias, primos e afilhados.

Ao orientador Mario Eduardo e à coorientadora Aline Medeiros, expresse minha sincera gratidão pela orientação, paciência e contribuições valiosas que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Ao mestre Professor Patrício, meu reconhecimento pelos ensinamentos enriquecedores que moldaram minha trajetória acadêmica.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), as coordenadoras Fátima Martins e Viviane Farias do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais (PPGEGRN), assim como o Instituto Nacional do Semiárido (INSA), são reconhecidos pela colaboração proporcionada por essas instituições.

Aos amigos e colegas da faculdade, especialmente a Leonardo Prado, Yaroslávia Paiva, Francely, Pamela e Yraguaciara, expresse minha sincera gratidão pela valiosa troca de conhecimento, pela amizade construída, pelo apoio incondicional e pelos momentos compartilhados que enriqueceram esta jornada de estudo e amizade.

Este trabalho não teria sido possível sem o suporte e colaboração de tantas pessoas e instituições. Saibam que cada palavra de agradecimento reflete a sinceridade do meu reconhecimento. Este é um marco significativo, e compartilho esse sucesso com todos que fizeram parte desta jornada.

Muito obrigada a todos!

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL NUTRICIONAL E TOXICIDADE DE VEGETAIS NA ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR DE ABELHAS CANUDOS

RESUMO

A ecologia nutricional das abelhas envolve o equilíbrio de nutrientes essenciais, sendo o pólen uma fonte crucial. A falta de recursos pode resultar em estresse nutricional e afetar a saúde das colônias. Dietas suplementares têm sido consideradas para compensar a escassez de pólen, a qual é ocasionada por condições climáticas adversas, perda de habitats naturais, mudanças na paisagem urbana, limitações sazonais na disponibilidade de recursos florais e baixa diversidade de plantas. Entre as espécies de abelhas, a *Scaptotrigona depilis* (abelha canudo), é uma espécie sem ferrão, nativa, encontrada na região do Nordeste brasileiro, sendo considerada uma espécie-chave para o bioma Caatinga. O presente trabalho foi realizado objetivando-se analisar a eficácia de dietas artificiais em abelhas canudo, sobre os aspectos de atratividade e toxicidade em ambientes controlados. A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios da Estação Experimental Ignácio Hernan Salcedo – INSA, Campina Grande, Paraíba. Para isso, foi realizado um teste de atratividade, selecionando dez amostras de vegetais da Caatinga. Posteriormente, foram escolhidos três vegetais com base nos resultados do teste de atratividade e em critérios nutricionais para realizar análises físico-químicas e bromatológicas, além de testes de toxicidade para a abelha nativa *S. depilis*. Paralelamente, foram avaliadas as influências dos fatores abióticos (temperatura, radiação e umidade) no comportamento de forrageio, e também foi conduzido um teste para determinar a longevidade da espécie em questão. Para avaliar a atratividade, utilizou-se o método de espectro de ação, com dez repetições e o comportamento alimentar foi registrado por observação e contagem de visitantes a cada hora, das 7:00 às 17:00, para a estatística foi utilizada testes ANOVA e Tukey. Em relação às análises físico-químicas e bromatológicas, foram realizados teste de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e ácido, carboidratos totais e não fibrosos, e açúcares redutores. Para a avaliação de toxicidade três vegetais foram avaliados em concentrações de 0,25%, 0,50%, 0,75%, 1% e o controle alimentada com pasta de candi, os resultados foram analisados com de teste Log-Rank. Os vegetais mais atrativos foram a vagem de canafístula, algaroba, semente de gliricídia e folha de umbu. Quanto ao forrageamento, este está diretamente correlacionado de forma positiva com a temperatura e o índice de radiação solar. Em relação a longevidade, as abelhas *S. depilis* apresentaram uma expectativa de vida, com uma máxima de 47, mínima de 12 e uma taxa média de 24 dias. Os vegetais selecionados foram semente de gliricídia, vagens de algaroba e canafístula. A análise revelou que a semente de gliricídia apresentou maior teor de matéria seca, matéria orgânica e proteína. As vagens de algaroba demonstraram uma boa proporção de proteína, enquanto a canafístula possui maior teor de matéria mineral e fibra. Abelhas alimentadas com vagens de algaroba e canafístula apresentaram resultados positivos na avaliação da toxicidade, porém, a gliricídia demonstrou toxicidade. As dietas artificiais à base de algaroba e canafístula mostraram-se eficazes para garantir a nutrição e saúde das abelhas canudos em período de estiagem.

Palavras- chaves: *Scaptotrigona depilis*. Dieta artificial. Fatores abióticos. Semiárido.

EVALUATION OF THE NUTRITIONAL POTENTIAL AND TOXICITY OF VEGETABLES IN SUPPLEMENTAL FEEDING FOR STRAW BEES

ABSTRACT

The nutritional ecology of bees involves the balance of essential nutrients, with pollen being a crucial source. Lack of resources can result in nutritional stress and affect colony health. Supplementary diets have been considered to compensate for pollen shortages, which are caused by adverse climatic conditions, loss of natural habitats, changes in the urban landscape, seasonal limitations in the availability of floral resources and low plant diversity. Among bee species, *Scaptotrigona depilis* (straw bee), is a stingless, native species, found in the Brazilian Northeast region, and is considered a key species for the Caatinga biome. The present work was carried out with the aim of analyzing the effectiveness of artificial diets in straw bees, regarding the aspects of attractiveness and toxicity in controlled environments. The research was carried out in the laboratories of the Ignácio Hernan Salcedo Experimental Station – INSA, Campina Grande, Paraíba. For this, an attractiveness test was carried out, selecting ten samples of vegetables from the Caatinga. Subsequently, three vegetables were chosen based on the results of the attractiveness test and nutritional criteria to carry out physical-chemical and bromatological analyses, in addition to toxicity tests for the native bee *S. depilis*. At the same time, the influences of abiotic factors (temperature, radiation and humidity) on foraging behavior were evaluated, and a test was also conducted to determine the longevity of the species in question. To evaluate attractiveness, the action spectrum method was used, with ten repetitions and eating behavior was recorded by observation and counting of visitors every hour, from 7:00 to 17:00, for statistics ANOVA tests were used. and Tukey. Regarding physicochemical and bromatological analyses, dry matter, mineral matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral and acid detergent fiber, total and non-fibrous carbohydrates, and reducing sugars were tested. For toxicity assessment, three vegetables were evaluated at concentrations of 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1% and the control fed with candi paste, the results were analyzed using the Log-Rank test. The most attractive vegetables were the canafístula pod, mesquite, gliricidia seed and umbu leaf. As for foraging, it is directly positively correlated with temperature and solar radiation index. Regarding longevity, *S. depilis* bees had a life expectancy, with a maximum of 47, a minimum of 12 and an average rate of 24 days. The vegetables selected were gliricidia seeds, mesquite pods and canafístula. The analysis revealed that the gliricidia seed had a higher content of dry matter, organic matter and protein. Mesquite pods demonstrated a good proportion of protein, while canafístula has a higher content of mineral matter and fiber. Bees fed with mesquite and canafístula pods showed positive results in the toxicity assessment, however, gliricidia demonstrated toxicity. Artificial diets based on mesquite and canafístula proved to be effective in guaranteeing the nutrition and health of straw bees during dry periods.

Keywords: *Scaptotrigona depilis*. Artificial diet. Abiotic factors. Semi-arid.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ninho de Abelhas Canudo (<i>Scaptotrigona depilis</i>)	22
Figura 2. Localização da área de estudo.....	44
Figura 3. Testes de visitação nos alimentadores pelas as abelhas operárias	46
Figura 4. Gaiola utilizada como unidade experimental nos tratamentos de longevidade e toxicidade de abelhas.....	47
Figura 5. Boxplot da distribuição de dados acerca da Análise I	48
Figura 6. Boxplot da distribuição de dados acerca da Análise II.....	48
Figura 7. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais (Análise I).....	51
Figura 8. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais (Análise II)	52
Figura 9. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais médias de temperatura (°C).....	52
Figura 10. Curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier da abelha <i>S. depilis</i> comparadas por Teste Log-Rank.....	55
Figura 11. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de vagem de algaroba	76
Figura 12. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de vagem de canafístula	77
Figura 13. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de semente de gliricídia.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparações entre as médias de visitas para cada hora de observação **53**

Tabela 2. Análise de composição físico-química e bromatológica das vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia..... **73**

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

°C - Graus Celsius

AR - Açúcares Redutores

CHOT - Carboidratos Totais

CNF - Carboidratos Não Fibrosos

EE - Extrato Etéreo

FDA - Fibra em Detergente Ácido

FDN - Fibra em Detergente Neutro

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INSA - Instituto Nacional do Semiárido

kJ/m² - Quilojoules por Metro Quadrado

LANA - Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal

MM - Matéria Mineral

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

PB - Proteína Bruta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo Geral.....	18
2.2 Objetivos Específicos.....	19
3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	16
4. REVISÃO DE LITERATURA	19
4.1 Meliponicultura.....	19
4.2 Abelhas nativas e a espécie <i>Scaptotrigona depilis</i>	21
4.3 Nutrição das abelhas	22
4.4 Toxicidade vegetal em abelhas	24
4.5 Forrageamento de Abelhas e a influência de Fatores Abióticos	25
4.6 Explorando a <i>Prosopis juliflora</i> , <i>Peltophorum dubium</i> e <i>Gliricidia sepium</i>	26
REFERÊNCIAS	29
CAPÍTULO 2	40
1. INTRODUÇÃO	42
2. MATERIAL E MÉTODOS	44
2.1 Local da pesquisa.....	44
2.2 Obtenção e preparo da matéria-prima.....	44
2.3 Teste de atratividade e fatores abióticos	45
2.4 Avaliação da longevidade da <i>Scaptotrigona depilis</i>	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.1 Atratividade.....	47
3.2 Forrageamento: impacto dos fatores abióticos	51
3.3 Longevidade das operárias <i>Scaptotrigona depilis</i>	55
4. CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57
CAPÍTULO 3	62
1. INTRODUÇÃO	64
2. MATERIAL E MÉTODOS	66
2.1 Local da pesquisa.....	66
2.2 Obtenção e preparo da matéria-prima.....	66
2.3 Composição Físico-Química bromatológica.....	67
2.3.1 Matéria Seca (MS)	67
2.3.2 Matéria Mineral (MM).....	67

2.3.3 Matéria Orgânica (MO)	68
2.3.4 Proteína Bruta (PB).....	68
2.3.5 Extrato Etéreo (EE).....	69
2.3.6 Fibra Em Detergente Neutro (FDN) e Fibra Em Detergente Ácido (FDA)	69
2.3.7 Carboidratos não Fibrosos (CNF).....	70
2.3.8 Carboidratos Totais (CHOT)	71
2.3.9 Açúcares Redutores (AR)	71
2.4 Avaliação da toxicidade da <i>Scaptotrigona depilis</i>	72
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
3.1 Caracterização Físico-Química e Bromatológica	72
3.2 Avaliação da toxicidade de abelhas alimentadas por vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia	76
4. CONCLUSÃO	79
REFERÊNCIAS	80
APÊNDICE A.....	86
APÊNDICE B.....	87
APÊNDICE C.....	90
APÊNDICE D.....	91

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A ecologia nutricional dos animais inclui proporções ideais de carboidratos, proteínas, ácidos graxos e aminoácidos essenciais. Insetos herbívoros, como as abelhas, apresentam adaptações comportamentais e fisiológicas que os ajudam a regular sua ingestão e o não atendimento dessas necessidades nutricionais pode resultar em mortalidade (Dolezal e Toth, 2018). As abelhas dependem fortemente da nutrição proveniente de recursos florais, especialmente pólen e néctar (Bortolotti; Pošćić; Bogo, 2020). Quando os recursos florais são limitados ou indisponíveis, as abelhas sofrem estresse nutricional, que pode resultar em perda populacional e diminuição da eficiência dos polinizadores (Kunc *et al.*, 2019).

Além disso, o crescimento urbano e suburbano leva à perda ou degradação de habitats naturais, afetando negativamente os polinizadores. Essa mudança na paisagem reduz a disponibilidade de recursos essenciais para sua sobrevivência, levando à impossibilidade de sustentar sua população original. Ademais, a urbanização altera os padrões de vegetação, transformando paisagens contínuas em um mosaico de elementos urbanos e pequenos remanescentes de habitat natural. Isso impacta a disponibilidade de locais de nidificação e a qualidade das plantas alimentares para os polinizadores, que dependem desses recursos nas proximidades de seus locais de reprodução (Turner; Nakamura; Dinetti, 2004; Shaher; Manjy, 2020).

Segundo Morais e colaboradores (2013), o fornecimento de dietas suplementares de subsistência é uma maneira segura de fornecer proteínas às abelhas. Além do que, o pólen coletado pelas abelhas tende a ser caro e de oferta limitada. Consequentemente, os meliponicultores geralmente fornecem dietas substitutas de pólen para as colônias, embora sejam frequentemente formuladas sem considerar os custos dos componentes da dieta versus os benefícios de fornecer tais dietas (Herbert; Shimanuki; Caron, 1977; Li *et al.*, 2012).

O pólen é um componente relevante da reprodução das plantas vasculares e é igualmente importante para as abelhas polinizadoras, pois é sua principal fonte de proteínas, lipídios, vitaminas, minerais e fitoquímicos vitais (Brodschneider e Crailsheim 2010; Bujang; Zakaria; Ramaiya, 2021). As abelhas geralmente consomem pólen após a fermentação, na forma de pão de abelha (Gilliam, 1997; Brodschneider e Crailsheim,

2010). As necessidades de pólen variam entre as espécies de abelhas, como também ao longo do seu ciclo de vida. Em outras espécies, as proteínas, foram relatadas como responsáveis por 66-74% da matéria seca de operárias adultas. Esse conteúdo de proteína aumenta durante os primeiros dias devido ao anabolismo das proteínas e diminui com a idade das operárias (Medeiros Júnior *et al.*, 2023).

Contudo, o semiárido brasileiro é notavelmente afetado pela escassez de alimentos, criando uma oportunidade para a inovação no desenvolvimento de soluções alimentares diante dos desafios apresentados. Durante o período de estiagem, as elevadas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar, combinadas à falta de plantas em florescimento, contribuem para a redução da disponibilidade de alimento para as abelhas. Essa realidade é vivenciada de maneira marcante pelos criadores de abelhas sem ferrão, como destacado por Pereira (2017).

A Caatinga, por sua vez, se destaca como uma fonte importante de forragem no semiárido, com suas plantas nativas de alto valor nutricional, sendo uma solução mais prática para enriquecer a alimentação dos animais, especialmente considerando a falta de alimentos disponíveis em algumas épocas do ano e o custo elevado (Dantas e Souza, 2015). E a incorporação de extratos de plantas nativas e adaptadas na dieta das abelhas representa uma solução promissora para melhorar o suprimento de nutrientes e, possivelmente, influenciar positivamente o desempenho zootécnico das colônias, considerando que é um aspecto crucial para a saúde e produtividade das colônias.

Entre as espécies de abelhas, a *Scaptotrigona depilis*, popularmente conhecida como “abelha canudo”, é uma espécie sem ferrão encontrada em países da América do Sul, incluindo Paraguai, Argentina e Brasil (Camargo e Pedro, 2007). Ela é nativa, encontrada na região do Nordeste brasileiro, sendo considerada uma espécie-chave para o bioma Caatinga visto que contribui para a polinização e sucesso reprodutivo de diversas espécies vegetais nativas (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Vale *et al.*, 2021).

Por serem generalistas, estas abelhas são descritas na literatura com o potencial de polinizar diferentes culturas, coletando pólen de mais de 40 espécies de plantas (Santos; Roselino; Bego, 2008; Ferreira; Manente-Balestieri; Balestieri, 2010). Além disso, a atividade terapêutica da própolis de abelhas sem ferrão tem sido amplamente investigada nas últimas décadas, incluindo descrições de sua atividade antioxidante, atividade antimicrobiana, atividade antiinflamatória e atividade antitumoral (Borges *et al.*, 2011; Barrientos *et al.*, 2013; Campos *et al.*, 2014; Cavendish *et al.*, 2015).

Ademais, o comportamento da abelha é dinâmico na exploração de recursos vegetais (Heard, 1999). A atividade de forrageamento também depende fortemente de fatores abióticos, como radiação, umidade relativa do ar, intensidade luminosa e velocidade do vento. Estudos anteriores revelaram que a atividade de forrageamento tem uma correlação positiva com a temperatura e uma correlação negativa com a umidade relativa (Macías; Gonzalez; Escareño, 2016; Jaapar *et al.*, 2018). Estudar os padrões de alimentação das abelhas contribui para a ampliação destes importantes fornecedores de serviços ecossistêmicos, como também a formular melhor estratégias meliponicultura, tais como a densidade das colônias e a proximidade de áreas naturais e de culturas (Oliveira *et al.*, 2021).

Diante da diversificação de flora da Caatinga, será priorizado o estudo da atratividade para abelhas com diferentes vegetais. Posteriormente, foram selecionados três vegetais de acordo com o teste de atratividade e fatores nutricionais para realizar análises físico-químicas, bromatológicas e testes de toxicidade frente à abelha nativa *Scaptotrigona depilis*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a eficácia de dietas artificiais para abelhas canudo, sob os aspectos de atratividade e toxicidade em ambientes controlados.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar o comportamento de abelhas em relação à atratividade das diferentes dietas;
- Analisar o comportamento forrageador das abelhas em resposta a fatores abióticos: temperatura, radiação e umidade;
- Determinar a longevidade de operárias de *S. depilis* em condições controladas;
- Determinar as características físico-químicas de três alimentos selecionados com base nos resultados do teste de atratividade e fatores nutricionais;
- Avaliar os níveis de toxicidade de três alimentos selecionados frente a abelha *S. depilis*;

3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação será organizada da seguinte forma: O **Capítulo 1** apresenta a introdução, objetivo geral e específicos, revisão de literatura referente aos temas abordados nos capítulos 2 e 3, e as referências. No **Capítulo 2** abordar-se-á a atratividade das dietas elaboradas com adição de vegetais, incluindo folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), maniçoba (*Manihot esculenta*), moleque-duro (*Leucaena leucocephala*), feijão bravo (*Canavalia ensiformis*), malva branca (*Sida rhombifolia*), folha e semente de gliricídia (*Gliricidia sepium*); vagem de canafístula (*Peltophorum dubium*) e algaroba (*Prosopis juliflora*); e cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), no comportamento forrageador das abelhas em resposta a fatores abióticos, como temperatura, radiação e umidade. Além disso, será investigada a longevidade das operárias de *S. depilis*. O **Capítulo 3** procedeu-se à análise da caracterização físico-química e bromatológica dos três alimentos selecionados, baseando-se nos resultados do teste de atratividade e fatores nutricionais, sendo complementada pelo teste de toxicidade direcionado às abelhas *S. depilis*.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Meliponicultura

Durante muito tempo, as sociedades humanas mantiveram uma relação estreita com as abelhas sem ferrão, principalmente devido ao seu interesse pelo mel, o produto melípona mais conhecido (Bradbear *et al.*, 2004). Além da produção de mel e pólen, hoje em dia as abelhas sem ferrão são reconhecidas pelo seu papel como fornecedoras de serviços ecossistêmicos, como a polinização de culturas e da flora nativa.

É importante notar que não há dados precisos disponíveis sobre a produção de mel de abelha nativa, embora a produção de mel pela espécie *Apis* tenha sido documentada. Em 2021, a produção mundial de mel alcançou aproximadamente 1,8 milhão de toneladas, com a China se destacando como o principal produtor global, contribuindo com 472,7 mil toneladas, equivalente a 26,7% do total. Além disso, o país desempenha um papel significativo como exportador, com um volume de 145,8 mil toneladas, correspondendo a 18,5% das exportações globais (Ximenes; Vidal, 2023).

No cenário brasileiro, em 2020, observou-se um aumento na produção de mel, atingindo 51,5 mil toneladas, representando um crescimento de 12,5% em relação ao ano anterior. Enquanto a Região Sul permanece como a principal produtora nacional, o setor

apícola nordestino também registrou um notável crescimento, alcançando a marca de 19,33 mil toneladas de mel neste ano, superando a produção obtida em 2011, anterior à última grande seca (Vidal, 2022).

Fazem parte da ordem Hymenoptera, família Apidae, subfamília Apinae, pertencente à tribo Meliponini (Michener, 2000). Diferem das abelhas (*Apis mellifera*, Apidae) em muitos aspectos, incluindo tamanho da colônia, biologia de nidificação, disposição dos favos de cria, produção de rainhas, estratégia de estocagem e mecanismos de recrutamento de abelhas (Hrncir; Jarau; Barth, 2016).

Os meliponíneos, abelhas sem ferrão, formam o maior conjunto de abelhas eussociais do mundo, com mais de 600 espécies identificadas em regiões tropicais e subtropicais globalmente, possui ferrão atrofiado (Camargo e Pedro, 2007). Essas abelhas estão presentes na América do Sul, América Central, sul da América do Norte, África, Sudeste Asiático e no Norte da Oceania (Hrncir; Jarau; Barth, 2016). No Brasil, mais de 200 espécies pertencentes a 29 gêneros foram registradas. Segundo Pedro e colaboradores (2014), aproximadamente 89 espécies são exclusivas do Brasil, representando cerca de 20% do total de abelhas sem ferrão na região neotropical. Entre os gêneros mais diversos estão *Plebeia*, *Trigona*, *Melipona*, *Scaptotrigona* e *Trigonisca*.

Apesar de terem o ferrão vestigial atrofiado, não perdem, contudo, a capacidade de defender seus ninhos, possuindo diversas estratégias defensivas para o efeito, desde enrolar-se em pelos, morder a pele do agressor, entrar em cavidades do corpo como boca, orelhas e narinas, ou depositar resinas vegetais nos inimigos. Já as espécies menos defensivas protegem seus ninhos construindo-os em locais de difícil acesso, como formigueiros ou próximos a ninhos de outras espécies de abelhas mais defensivas, ganhando proteção (Oliveira *et al.*, 2013).

A criação racional dessas abelhas é chamada de meliponicultura, termo cunhado em 1953 pelo pesquisador Paulo Nogueira Neto, um dos precursores dos estudos das abelhas sem ferrão no Brasil. Venturieri *et al.* (2007) restringiu um pouco mais o termo, definindo a meliponicultura como a criação de abelhas sem ferrão associadas às espécies que produzem e armazenam mais mel. Porém, independentemente da definição, esta é uma prática antiga, anterior à colonização das Américas pelos europeus. Os produtos das abelhas sem ferrão e, em alguns casos, sua criação faziam parte dos costumes socioculturais, incluindo aspectos alimentares, medicinais, ritualísticos e comerciais de muitas sociedades ameríndias (Palazuelos-Balívam, 2008).

Muitos compostos foram identificados nos méis de abelhas nativas, como açúcares, vitaminas, enzimas, proteínas, aminoácidos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos, terpenóides e minerais. Os açúcares correspondem a aproximadamente 95-99% em peso da matéria seca do mel, quase 60% em peso dos açúcares totais compostos por monossacarídeos, frutose e glicose (Rao *et al.*, 2016). Enquanto as propriedades físico-químicas, a composição química e a atividade biológica dos méis dependem das espécies de abelhas, plantas que se alimentam, condições climáticas, regiões geográficas e dentre outros fatores (Solayman *et al.*, 2016). No entanto, apesar dos fatores ambientais, o mel produzido por espécies de abelhas sem ferrão difere do mel de abelha convencional *Apis mellifera* em termos de cor, sabor, composição química e propriedades biológicas (Guerrini *et al.*, 2009; Fernandes; Rosa; Conti-Silva, 2018).

O mel abriga diversos microrganismos (bactérias, fungos filamentosos e leveduras) que contribuem para melhorar as características organolépticas e o valor nutricional e atuam como microrganismos deteriorantes. Devido à alta osmolaridade, baixo pH e compostos antimicrobianos do mel, as comunidades microbianas são limitadas, embora várias leveduras e bactérias possam sobreviver ou proliferar (Silva *et al.*, 2017).

4.2 Abelhas nativas e a espécie *Scaptotrigona depilis*

As abelhas são um grupo altamente diverso e funcionalmente importante no aspecto de polinização para muitas espécies de plantas com flores (Ollerton; Winfree; Tarrant, 2011), incluindo algumas das culturas agrícolas mais nutritivas e economicamente valiosas do mundo (Eilers *et al.*, 2011). Coletivamente, estima-se que os serviços de polinização mediados por animais para culturas alimentares compreendam um valor de mercado global anual de US\$ 235 a US\$ 577 bilhões (IPBES, 2016).

Dentro do diverso grupo das abelhas sem ferrão, destaca-se o gênero *Scaptotrigona*, que compreende cerca de 22 espécies distribuídas pela região neotropical, onde as abelhas deste gênero apresentam uma grande diversidade de formas, muitas delas constituindo complexos difíceis de separação (Campbell *et al.*, 2019; Rezende *et al.*, 2019). Uma das características desse gênero é por possuir colônias populosas e defensivas, e boas produtoras tanto de mel quanto de pólen, com produção anual média de 3,5kg de mel e 100g de pólen (Cella; Amandio; Faita, 2017).

A espécie *Scaptotrigona depilis*, também chamada de canudo (Figura 1), é uma abelha social da subfamília dos meliponíneos, e assim como seu gênero, apresenta

comportamento agressivo quando perturbada, através de mordidas na pele das mãos, braços e na região da cabeça. Possuem uma coloração preta e asas marrons e constroem seus ninhos em ocos de árvores e em cavidades artificiais como muros (Roubik, 1992).

Figura 1. Ninho de Abelhas Canudo (*Scaptotrigona depilis*)



Fonte: Autora (2024)

São consideradas abelhas generalistas, segundo Ramalho *et al.* (2007), este hábito é considerado uma necessidade básica e, portanto, aceito como padrão entre essas abelhas eusociais da família Apidae, com grandes colônias perenes, altas taxas de produção de prole e que precisam de muito alimento ao longo de todo ano.

Bonamigo *et al.* (2017) em seu estudo descreve propriedades terapêuticas do geoprópolis da *S. depilis*, onde observaram a atividade citotóxica *in vitro* de extratos etanólicos contra células eritroleucêmicas (K562) à medida que a concentração aumentava com o crescimento celular de $32,6\% \pm 3,2\%$ e $21,2\% \pm 4,1\%$, respectivamente, apresentando componentes como fitoesteróis, terpenos, compostos fenólicos e tocoferol .

4.3 Nutrição das abelhas

As principais fontes de alimentação das abelhas são o néctar e o pólen. As abelhas forrageiras têm especialização na coleta de um desses elementos, conforme destacado por Arenas e Kohlmaier (2019). O néctar desempenha um papel fundamental, sendo a principal fonte de carboidratos, além de fornecer aminoácidos, antioxidantes e

metabólitos secundários (Hendriksma; Oxman; Shafir, 2014). Por outro lado, o pólen é rico em proteínas, lipídios, esteróis, vitaminas e minerais. Vale ressaltar que a qualidade e a ingestão de pólen podem influenciar os diferentes períodos de vida das abelhas (Hassan, 2011).

Em abelhas, *Apis mellifera*, a qualidade inferior do pólen apresenta desafios para o desenvolvimento adequado das glândulas hipofaríngeas, o que, por sua vez, pode impactar negativamente o crescimento de rainhas e larvas devido à redução na produção de geleia real (Brodschneider e Crailsheim, 2010). Além disso, o pólen desempenha um papel essencial na regulação da expressão da vitelogenina, sintetizada no corpo gorduroso das abelhas, como destacado por Wegener *et al.* (2018). Essa regulação afeta a fecundidade, a expectativa de vida, a função imunológica e a preparação para o inverno (Silva, 2019).

Ademais, uma nutrição apropriada desempenha um papel fundamental no funcionamento eficiente da colônia, como indicado por estudos anteriores (Brodschneider e Crailsheim 2010; Paray *et al.*, 2021). O pólen é reconhecido como a principal fonte de proteína na dieta das abelhas, desempenhando um papel crucial no aumento da fecundidade das crias e na produção de mel, sendo que o desenvolvimento saudável das colônias está intrinsecamente ligado à qualidade nutricional e à origem do pólen que as abelhas consomem (Liolios *et al.*, 2015; Thakur e Nanda, 2020).

Portanto, a qualidade e a quantidade da dieta de pólen podem até influenciar a força da resposta imunológica e a longevidade de uma abelha, através de efeitos diretos e indiretos mediados pela microbiota do hospedeiro e pelas populações de patógenos. Portanto, satisfazer as necessidades nutricionais das abelhas é fundamental para a saúde geral e o sucesso da colônia (Ponton *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2019; Kunc *et al.*, 2019).

Com base nisto e tendo em vista que a flora de interesse das abelhas não está disponível em quantidade adequada durante todo o ano, o fornecimento de substitutos de pólen e suplementos de pólen é vital para manter a força da colônia, aumentando a sobrevivência da ninhada e a duração da idade adulta (Bortolotti; Pošćić; Bogo, 2020). Um grande número de dietas, incluindo farinha de soja, levedura de cerveja, grama desidratada, farinha de guar, leite em pó desnatado, gema de ovo em pó, caseína, ervilha em pó, farelo de arroz e farinha de peixe como ingredientes principais, foram formuladas e testadas em abelhas (Paray *et al.*, 2021), outros estudos analisaram suplemento proteicos a base de plantas nativas (Rodrigues *et al.*, 2010; Medeiros, 2020).

4.4 Toxicidade vegetal em abelhas

As plantas podem produzir uma variedade de compostos químicos, incluindo metabólitos secundários, no qual se acumulam nos tecidos vegetais para uma variedade de funções, mas principalmente para defesa contra herbívoros, fungos e bactérias e como sinais vegetais, dentre eles temos os alcalóides, glicosídeos, cianogênicos, taninos, compostos, fenólicos, saponinas (Zaynab *et al.*, 2018).

Por outro lado, as colônias de abelhas estão expostas a compostos naturais de plantas, microorganismos, pesticidas, poluentes ambientais, dentre outros (Leska *et al.*, 2021). Durante o forrageamento, as operárias podem encontrar uma gama de diferentes substâncias biologicamente ativas, incluindo aquelas com efeitos tóxicos, que são então transferidas para a colmeia e armazenadas (Wu *et al.*, 2023).

As abelhas buscam néctar para suprir as necessidades de carboidratos da colônia, no entanto, essa fonte alimentar não é completamente livre de riscos. Entre 9% a 55% dos néctares produzidos pelas flores contêm xenobióticos sintetizados pelas plantas (Kretschmar; Baumann, 1999; Singaravelan *et al.*, 2006; Johnson, 2015), e alguns néctares possuem açúcares que não são completamente digestíveis (Peng *et al.*, 1992). Enquanto o pólen é a principal fonte de aminoácidos e esteróis para as abelhas, a maioria do pólen também contém xenobióticos fenólicos com potencial atividade biológica prejudicial (Barker, 1977; Bonvehí; Torrento; Lorente, 2001; Johnson *et al.*, 2012).

Além disso, o néctar das tílias (*Tilia spp.*) contém manose e pode causar paralisia nas abelhas porque não possuem a enzima fosfomanose isomerase, necessária para metabolizar a manose (Pawlikowski, 2010). Outros açúcares tóxicos podem prejudicar as abelhas através da interferência no metabolismo da trealose (Barker e Lehner, 1974).

Entre os vegetais, destacam-se espécies como a Rododendro (*Rhododendron spp.*), Azálea (*Rhododendron spp.*), Oleandro (*Nerium oleander*) e Azevinho (*Ilex spp.*), pinhão branco (*Jatropha pohliana Muell. Arg*), essas plantas contêm substâncias químicas tóxicas, como alcaloides e glicosídeos, que podem ser prejudiciais às abelhas quando ingeridas durante a coleta de néctar ou pólen. A exposição a essas toxinas pode comprometer a saúde das abelhas, afetando seu sistema nervoso e metabólico, resultando em efeitos adversos que variam desde a redução na capacidade de forrageio até a mortalidade (Messonnier, 2006; Bates, 2000; Albuquerque *et al.*, 2020; Kušen *et al.*, 2022). É importante ressaltar que a toxicidade depende da concentração do composto e da suscetibilidade específica da espécie de abelha envolvida.

4.5 Forrageamento de Abelhas e a influência de Fatores Abióticos

Com as mudanças ambientais globais, as tensões ambientais abióticas, como a seca e o estresse térmico, estão alterando as interações entre plantas e polinizadores. Por exemplo, em plantas que sofre com escassez hídrica, os polinizadores visitam as flores com menor frequência em comparação com plantas bem irrigadas, devido à redução significativa nos sinais visuais florais, como o número de flores, tamanho e comprimento do tubo da corola (Descamps, Quinet; Jacquemart, 2021; Höfer; Ayasse; Kuppler, 2021; Kuppler *et al.*, 2021).

O aumento da temperatura do ar também impacta os sinais das flores, resultando na diminuição do número e tamanho das flores em várias espécies entomófilas (Zinn; Tunc-Ozdemir; Harper, 2010; Mu *et al.*, 2015). As recompensas florais também são reduzidas em temperaturas mais elevadas, evidenciadas pela diminuição no volume ou teor de açúcar do néctar por flor (Takkis *et al.*, 2015). Ademais, o estresse térmico afeta negativamente o desenvolvimento do pólen, comprometendo a fertilidade e a viabilidade (Mesihovic *et al.*, 2016).

Além disso, por viverem em um ambiente dinâmico, as abelhas precisam se ajustar a inúmeras mudanças nos componentes bióticos e abióticos, como por exemplo, as coletas de recursos alimentares em resposta às variações nas condições da colônia, quantidade e qualidade dos alimentos disponíveis no campo e as condições climáticas (Agler *et al.*, 2016; Belsky e Joshi, 2019; Neov *et al.*, 2019). Fatores intrínsecos, memória e limiar de resposta, também determinam a decisão dos coletores de cada espécie de abelha em realizar ou não o voo de forrageamento (Biesmeijer e Vries, 2001).

Cada espécie de abelha depende de condições climáticas específicas, que estabelecem os limites para o voo de forrageamento (Kleinert *et al.*, 2009). A termorregulação é altamente desenvolvida, especialmente em abelhas de maior porte, demonstrando a capacidade de ajustar a temperatura corporal em diversas condições ambientais (Kelemen e Dornhaus, 2018). Consequentemente, abelhas de maior tamanho conseguem realizar atividades de forrageamento com relativa independência da temperatura ambiente (Bishop e Armbruster, 1999), conferindo-lhes uma vantagem em relação às espécies menores de abelhas (Kleinert *et al.*, 2009).

Os principais fatores abióticos que afetam o voo das abelhas são temperatura, radiação, umidade relativa do ar, intensidade luminosa e velocidade do vento (Kaehler *et al.*, 2021; Polatto e Alves Junior, 2022; Moura *et al.*, 2022). As abelhas são sensíveis a temperaturas extremas, tanto muito quentes quanto muito frias, o que restringe sua

atividade de voo, pois em condições excessivamente quentes, enfrentam desafios na regulação térmica, afetando a eficiência do voo (Cooper; Schaffer; Buchmann, 1985). Em ambientes excessivamente úmidos podem afetar a aerodinâmica das asas das abelhas, prejudicando sua capacidade de voar eficientemente. Por outro lado, a falta de umidade pode levar à desidratação (Ayton *et al.*, 2016).

A radiação solar e a intensidade luminosa auxiliam na orientação das abelhas durante o voo, desde a capacidade de navegação e localização de recursos, como flores e água (Galen *et al.*, 2019). Por sua vez, a velocidade do vento pode impactar diretamente a estabilidade e a eficiência do voo das abelhas, tornando mais desafiador para elas manterem uma trajetória precisa, por sua vez, ventos muito fortes afetam a atividade de voo das abelhas, impedindo-as de forragear nessas condições (Sommeijer *et al.* 1983).

De acordo com Karbassioon e col. (2023) a atividade das tornam-se mais ativas à medida que a temperatura aumenta e reduzem a atividade de voo com o aumento da umidade relativa e da velocidade do vento. Enquanto Polatto e Alves Junior (2022) ressaltou que a temperatura e luminosidade foram os dois principais fatores abióticos que regulam as atividades de forrageamento das abelhas, também foi encontrada uma correlação positiva entre a frequência de forrageamento da maioria das abelhas e essas duas variáveis. Por outro lado, a atividade de forrageamento não foi influenciada pela umidade relativa nem pela velocidade do vento.

4.6 Explorando a *Prosopis juliflora*, *Peltophorum dubium* e *Gliricidia sepium*

A algarobeira, ou simplesmente algaroba, é uma árvore da família das leguminosas (Leguminosae, subfamília Mimosoideae) pertencente ao gênero *Prosopis*, do qual são conhecidas mais de 40 espécies, distribuídas em três continentes: América, Ásia e África. No continente americano estão as maiores concentrações dessas espécies, ocorrendo nas regiões ocidentais mais secas, desde o sudeste dos Estados Unidos até a Patagônia. Na América do Sul, são encontradas aproximadamente 70% das espécies do gênero e, dessas, 93 % são nativas da Argentina. (Ribaski *et al.*, 2009). Ainda de acordo com o autor, a espécie *P. juliflora* ocorre naturalmente no México, América Central, e norte da América do Sul (Peru, Equador, Colômbia e Venezuela). Além das regiões de origem, foi introduzida para cultivos de forragem e madeira no Brasil, Sudão, Sahel, África do Sul e Índia.

No Nordeste, a *P. juliflora* foi introduzida no estado de Pernambuco, que fica na região da Caatinga, e de lá se distribuiu por todos os estados do Nordeste do Brasil. Esta

árvore pode atingir 18 m de altura e possui caracteres xeromórficos como espinhos e folhas pequenas. Floresce e frutifica durante a estação seca (Nascimento, 2008).

As vagens da espécie *Prosopis* são leguminosas que apresentam elevados teores de carboidratos, proteínas e amido, sendo utilizadas como ração animal ao longo das últimas décadas. São compostas por exocarpos, endocarpos fibrosos e mesocarpos carnudos, seu valor nutricional pode variar dependendo do estágio fenológico, espécie, porção da planta, região do mundo e condições climáticas de cultivo (Ruiz-Nieto *et al.*, 2020).

Quanto à composição química da algaroba, foram detectados e isolados polissacarídeos (Rincón *et al.*, 2014), alcaloides, flavonoides e derivados fenólicos de diferentes partes desta planta (Ibrahim *et al.*, 2013). As vagens da espécie são amplamente utilizadas na alimentação do gado (Santos, 2020). Além disso, a literatura relata diversos usos medicinais tradicionais para diferentes partes, incluindo cascas, folhas, vagens e flores, destacando-se principalmente no tratamento de asma (Kayani *et al.*, 2014), condições dermatológicas e distúrbios gastrointestinais (Gispert e Rodriguez, 1998).

A canafístula, *Peltophorum dubium*, destaca-se pelo rápido potencial de crescimento e pela extensa distribuição geográfica no Brasil (Carvalho, 2003). Pertence à família das leguminosas (Fabaceae) e subfamília Caesalpinioideae, é uma espécie nativa, com distribuição no Nordeste brasileiro (Bahia, Paraíba, Pernambuco, Sergipe), Centro-Oeste (Distrito Federal, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo), Sul (Paraná, Santa Catarina), na Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pantanal; também é encontrada nos países vizinhos Argentina e Paraguai (Reitz *et al.*, 1978; Silva, Rando, Carvalho; 2023).

O fruto, uma leguminosa do tipo vagem samaróide, é caracterizado por sua natureza seca e indeiscente, contendo de uma a duas sementes, predominantemente monospérmicas. Quando maduro, exibe uma coloração marrom-escura, enquanto as sementes, estenospérmicas e oblongas, apresentam uma coloração castanho-esverdeado-clara, com testa relativamente espessa e consistência córnea quando secas (Figliolia, 1995; Donadio e Demattê, 2000). Essas características do tegumento evidenciam a dormência comum às espécies da família Fabaceae, revelando a dificuldade de embebição devido à impermeabilidade das sementes à água, resultando em sensações duras (Brasil, 1992). As sementes são adicionalmente descritas como estenospérmicas, com superfície glabra e coloração amarela clara, apresentando nervação peninérvea e anastomosada (Reitz *et al.*, 1978; Donadio e Demattê, 2000).

A literatura destaca as folhas e frutos com efeitos laxantes, digestivos, hepatoprotetores e adstringentes (Guerra *et al.*, 1982; Basualdo e Soria, 1996; Hurrell *et al.*, 2011; Crovetto, 2012). Em relação aos extratos metanólicos dos ramos, foi registrada atividade antimicrobiana contra uma cepa de *Staphylococcus aureus* (Salvat *et al.*, 2004). Por outro lado, as sementes apresentaram atividade inseticida contra *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae), (Macedo *et al.*, 2003), e também foi isolado um inibidor de tripsina que induz a morte celular na leucemia humana (Troncoso *et al.*, 2007). Além disso, Bahia *et al.* (2010) conseguiram isolar o derivado do ácido C-glicosídeo benzóico, um novo composto, das folhas com propriedades antioxidantes.

Enquanto, a *Gliricidia sepium* é uma leguminosa de porte médio pertencente à família Fabaceae, nativa das florestas tropicais do México e da América Central. Atualmente, ela é cultivada em várias regiões, incluindo algumas partes da África Central, Índia e Sudeste da Ásia. Esta árvore destaca-se por ser utilizada como forragem para o gado, devido ao seu alto teor de proteínas (Grygier *et al.*, 2022). É uma árvore adaptável bem conhecida devido à sua capacidade de se ajustar a vários solos, incluindo alcalinos, ácidos, arenosos, argilosos pesados e calcários (Braga *et al.*, 2022).

Além de suas aplicações tradicionais, a *G. sepium* desempenha um papel fundamental na recuperação do solo, fixando nitrogênio e demonstrando tolerância à baixa fertilidade do solo (Kumarathilaka e Vithanage, 2017). Além disso, a biomassa desta árvore é empregada na remoção de cafeína da água e na desintoxicação da medula da fibra de coco (Keerthanan *et al.*, 2020; Jayakumar *et al.*, 2022).

Estudos de Grygier *et al.* (2022) recomendam a *G. sepium* como uma fonte não convencional de óleo, com rendimentos semelhantes aos da soja (*Glycine max*). Outras aplicações incluem o uso das folhas e árvores de gliricídia para fins anti-helmínticos. As folhas cultivadas na Indonésia e nas Filipinas apresentam propriedades cicatrizantes, contendo flavonoides, saponinas e taninos que agem como agentes anti-inflamatórios, potencializando o processo de cicatrização (Ora *et al.*, 2021). O extrato etanólico das folhas também demonstra atividade contra *Anopheles stephensi* e nematóides gastrointestinais (Krishnappa; Dhanasekaran; Elumalai, 2012; Romero *et al.*, 2020). O extrato acetônico, por sua vez, é empregado no controle do nematóide intestinal de ruminantes (Wabo *et al.*, 2011).

Apesar de diversas opiniões debaterem o valor nutricional da *G. sepium*, há um consenso geral de que representa uma forragem de alta qualidade, embora a palatabilidade inicial em animais seja considerada baixa. A adaptação a essa forrageira parece

neutralizar eventuais efeitos prejudiciais a longo prazo em ovinos e bovinos. Também existem relatos sobre seus efeitos tóxicos bem conhecidos em sua distribuição nativa na América Central, onde as folhas ou a casca moída, misturadas com milho cozido, são tradicionalmente utilizadas como veneno para roedores (Standley e Steyermark, 1946; Tariq, Rahilanazli e Hina, 2016).

REFERÊNCIAS

- AGLER, M. T. *et al.* Microbial hub taxa link host and abiotic factors to plant microbiome variation. **PLoS biology**, v. 14, n. 1, p. e1002352, 2016.
- ALBUQUERQUE, R. *et al.* Toxic power of pinion flower on africanized bees workers. **Journal of Agroindustry Systems**, v. 3, n. 2, p. 57-62, 2020.
- ARENAS, A.; KOHLMAIER, M. G. Nectar source profitability influences individual foraging preferences for pollen and pollen-foraging activity of honeybee colonies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, p. 1-10, 2019.
- AYTON, S. *et al.* Phenophysiological variation of a bee that regulates hive humidity, but not hive temperature. **Journal of Experimental Biology**, v. 219, n. 10, p. 1552-1562, 2016.
- BAHIA, M. V. *et al.* A C-glucoside benzoic acid derivative from the leaves of *Peltophorum dubium*. **Phytochemistry Letters**, v. 3, n. 3, p. 168-170, 2010.
- BARKER, R. J. Some carbohydrates found in pollen and pollen substitutes are toxic to honey bees. **The Journal of Nutrition**, v. 107, n. 10, p. 1859-1862, 1977.
- BARKER, R. J.; LEHNER, Y. Acceptance and sustenance value of naturally occurring sugars fed to newly emerged adult workers of honey bees (*Apis mellifera L.*). **Journal of Experimental Zoology**, v. 187, n. 2, p. 277-285, 1974.
- BARRIENTOS, L. *et al.* Chemical and botanical characterization of Chilean propolis and biological activity on cariogenic bacteria *Streptococcus mutans* and *Streptococcus sobrinus*. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 44, p. 577-585, 2013.
- BASUALDO, I.; SORIA, N. Farmacopea herbolaria paraguaya: especies de la medicina folklórica utilizadas para combatir enfermedades del aparato respiratorio (Parte i). **Rojasiana**, v. 3, n. 2, p. 197-238, 1996.
- BATES, N. Plant poisoning. **EMERGENCY nurse**, v. 7, n. 10, 2000.
- BELSKY, J.; JOSHI, N. K. Impact of biotic and abiotic stressors on managed and feral bees. **Insects**, v. 10, n. 8, p. 233, 2019.

- BIESMEIJER, J. C.; Vries, H. Exploration and exploitation of food sources by social insect colonies: a revision of the scout-recruit concept. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 49, p. 89-99, 2001.
- BISHOP, J. A.; Armbruster, W. S. Thermoregulatory abilities of Alaskan bees: effects of size, phylogeny and ecology. **Functional Ecology**, v. 13, n. 5, p. 711-724, 1999.
- BONAMIGO, T. *et al.* Antioxidant, cytotoxic, and toxic activities of propolis from two native bees in Brazil: *Scaptotrigona depilis* and *Melipona quadrifasciata anthidioides*. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2017, 2017.
- BONVEHÍ, J. S.; TORRENTO, M. S.; LORENTE, E. C. Evaluation of polyphenolic and flavonoid compounds in honeybee-collected pollen produced in Spain. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 4, p. 1848-1853, 2001.
- BORGES, K. S. *et al.* Antiproliferative effects of Tubi-bee propolis in glioblastoma cell lines. **Genetics and Molecular Biology**, v. 34, p. 310-314, 2011.
- BORTOLOTTI, L.; POŠĆIĆ, F.; BOGO, G. Comparison of Different Pollen Substitutes for the Feeding of Laboratory Reared Bumble Bee (*Bombus terrestris*) Colonies. **Journal of Apicultural Science**, v. 64, n. 1, p. 91-104, 2020.
- BRADBEAR, N. *et al.* **Beekeeping and sustainable livelihoods**. 2004.
- BRAGA, Í. O. *et al.* Deep Untargeted Metabolomics Analysis to Further Characterize the Adaptation Response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. to Very High Salinity Stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 869105, 2022.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v.41, p.278-294, 2010.
- BUJANG, J. S.; ZAKARIA, M. H.; RAMAIYA, S. D. Chemical constituents and phytochemical properties of floral maize pollen. **PloS one**, v. 16, n. 2, p. e0247327, 2021.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. *Meliponini lepeletier*, 1836. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region**, p. 272-578, 2007.
- CAMPBELL, A. J. *et al.* Temporal variation in homing ability of the neotropical stingless bee *Scaptotrigona aff. postica* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, v. 50, p. 720-732, 2019.
- CAMPOS, J. F. *et al.* Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic activities of propolis from *Melipona orbignyi* (Hymenoptera, Apidae). **Food and Chemical Toxicology**, v. 65, p. 374-380, 2014.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica: Colombo: Embrapa Floresta, p. 627, 2003.

- CAVENDISH, R. L. *et al.* Antinociceptive and anti-inflammatory effects of Brazilian red propolis extract and formononetin in rodents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 173, p. 127-133, 2015.
- CELLA, I.; AMANDIO, D. T. T.; Faita, M. R. **Meliponicultura**. 2017.
- COOPER, P. D.; SCHAFFER, W. M.; Buchmann, S. L. Temperature regulation of honey bees (*Apis mellifera*) foraging in the Sonoran desert. **Journal of Experimental Biology**, v. 114, n. 1, p. 1-15, 1985.
- CORTOPASSI-LAURINO, M. *et al.* Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 275-292, 2006.
- CROVETTO, R. N. M. Estudos etnobotânicos V. Nombres de plantas y su utilidad según los mbya guaraní de Misiones, Argentina. **Bonplandia**, p. 109-133, 2012.
- DANTAS, N. L. B.; Souza, B. B. **Potencialidades da caatinga: uso de plantas nativas na alimentação animal**. 2015.
- DESCAMPS, C.; QUINET, M.; JACQUEMART, A. L. The effects of drought on plant–pollinator interactions: What to expect?. **Environmental and Experimental Botany**, v. 182, p. 104297, 2021.
- DOLEZAL, A. G.; TOTH, A. L. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. **Current opinion in insect science**, v. 26, p. 114-119, 2018.
- DONADIO, N. M. M.; DEMATTÊ, M. E. S. P. Morfologia de frutos, sementes, e plântulas de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e jacarandá-da-Bahia (*Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. ex Benth.)-Fabaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 64-73, 2000.
- EILERS, E. J. *et al.* Contribution of pollinator-mediated crops to nutrients in the human food supply. **PLoS one**, v. 6, n. 6, p. e21363, 2011.
- FERNANDES, R. T.; ROSA, I. G.; CONTI-SILVA, A. C. Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil. **Ciência Rural**, v. 48, 2018.
- FERREIRA, M. G.; MANENTE-BALESTIERI, F. C.; BALESTIERI, J. B. Pólen coletado por *Scaptotrigona depilis* (Moure)(Hymenoptera, Meliponini), na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Entomologia**, 54, 258-262, 2010.
- FIGLIOLIA, M. B. Colheita de sementes. **IF Série Registros** , n.14, p.1-12, 1995.

- GALEN, C. *et al.* Pollination on the dark side: Acoustic monitoring reveals impacts of a total solar eclipse on flight behavior and activity schedule of foraging bees. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 112, n. 1, p. 20-26, 2019.
- GILLIAM, M.; PREST, D. B.; LORENZ, B. J. Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds. **Apidology, Tucson**, n. 20, p. 53-68, 1989.
- GISPERT, M.; RODRÍGUEZ, H. Los Coras: Plantas Alimentarias y Medicinales. **México DF, Colección Cultura Popular y Biodiversidad**, 1998.
- GRYGIER, A. *et al.* Seven underutilized species of the Fabaceae family with high potential for industrial application as alternative sources of oil and lipophilic bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 186, p. 115251, 2022.
- GUERRA, M. P. *et al.* Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e semeadura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 5, p. 1-18, 1982.
- GUERRINI, A. *et al.* Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product. **Food Chemistry**, v. 114, n. 4, p. 1413-1420, 2009.
- HASSAN, H. M. M. Chemical composition and nutritional value of palm pollen grains. **Global J Biotechnol Biochem**, v. 6, n. 1, p. 1-7, 2011.
- HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual review of entomology**, v. 44, n. 1, p. 183-206, 1999.
- HENDRIKSMA, H. P.; OXMAN, K. L.; SHAFIR, S. Amino acid and carbohydrate tradeoffs by honey bee nectar foragers and their implications for plant–pollinator interactions. **Journal of insect physiology**, v. 69, p. 56-64, 2014.
- HERBERT JR, E. W.; SHIMANUKI, H.; CARON, D. Optimum protein levels required by honey bees (Hymenoptera, Apidae) to initiate and maintain brood rearing. **Apidologie**, v. 8, n. 2, p. 141-146, 1977.
- HÖFER, R. J.; AYASSE, M.; KUPPLER, J. Bumblebee behavior on flowers, but not initial attraction, is altered by short-term drought stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 564802, 2021.
- HRNCIR, M.; Jarau, S.; Barth, F. G. Stingless bees (Meliponini): senses and behavior. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 202, p. 597-601, 2016.
- HURRELL, J. A. *et al.* Leguminosas medicinales y alimenticias utilizadas en la conurbación Buenos Aires-La Plata, Argentina. 2011.

- IBRAHIM, M. *et al.* Phytochemical analyses of *Prosopis juliflora* Swartz DC. **Pak. J. Bot.**, v. 45, n. 6, p. 2101-2104, 2013.
- IPBES. Summary for Policymakers of the Methodological Assessment of Scenarios and Models of Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. **Summary for Policymakers**, 2016.
- JAAPAR, M. F. *et al.* Foraging behavior of stingless bee *Heterotrigona itama* (Cockerell, 1918)(Hymenoptera: Apidae: Meliponini). In: **AIP Conference proceedings**. AIP Publishing, 2018.
- JAYAKUMAR, M. *et al.* Detoxification of coir pith through refined vermicomposting engaging *Eudrilus eugeniae*. **Chemosphere**, v. 291, p. 132675, 2022.
- JOHNSON, R. M. *et al.* Ecologically appropriate xenobiotics induce cytochrome P450s in *Apis mellifera*. **PloS One**, v. 7, n. 2, p. e31051, 2012.
- JOHNSON, R. M. Honey bee toxicology. **Annual review of entomology**, v. 60, p. 415-434, 2015.
- KAEHLER, T. G. *et al.* Flight distance and foraging of *Tetragonisca fiebrigi* (Apidae: Meliponini) in response to different concentrations of sugar in food resources and abiotic factors. **Journal of Apicultural Research**, p. 1-13, 2021.
- KARBASSIOON, A. *et al.* Responses in honeybee and bumblebee activity to changes in weather conditions. **Oecologia**, v. 201, n. 3, p. 689-701, 2023.
- KAYANI, S. *et al.* Ethnobotanical uses of medicinal plants for respiratory disorders among the inhabitants of Gallies–Abbottabad, Northern Pakistan. **Journal of ethnopharmacology**, v. 156, p. 47-60, 2014.
- KEERTHANAN, S. *et al.* Caffeine removal by *Gliricidia sepium* biochar: Influence of pyrolysis temperature and physicochemical properties. **Environmental Research**, v. 189, p. 109865, 2020.
- KELEMEN, E.; Dornhaus, A. Lower temperatures decrease worker size variation but do not affect fine-grained thermoregulation in bumble bees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 72, p. 1-8, 2018.
- KLEINERT, H. **Path integrals in quantum mechanics, statistics, polymer physics, and financial markets**. World scientific, 2009.
- KRETSCHMAR, J. A.; BAUMANN, T. W. Caffeine in Citrus flowers. **Phytochemistry**, v. 52, n. 1, p. 19-23, 1999.
- KRISHNAPPA, K.; DHANASEKARAN, S.; ELUMALAI, K. Larvicidal, ovicidal and pupicidal activities of *Gliricidia sepium* (Jacq.)(Leguminosae) against the malarial

vector, *Anopheles stephensi* Liston (Culicidae: Diptera). **Asian Pacific journal of tropical medicine**, v. 5, n. 8, p. 598-604, 2012.

KUMARATHILAKA, P.; VITHANAGE, M. Influence of *Gliricidia sepium* biochar on attenuate perchlorate-induced heavy metal release in serpentine soil. **Journal of Chemistry**, v. 2017, 2017.

KUNC, M. *et al.* The year of the honey bee (*Apis mellifera* L.) with respect to its physiology and immunity: A search for biochemical markers of longevity. **Insects**, v. 10, n. 8, p. 244, 2019.

KUPPLER, J. *et al.* Drought-induced reduction in flower size and abundance correlates with reduced flower visits by bumble bees. **AoB Plants**, v. 13, n. 1, p. plab001, 2021.

KUŠEN, M. *et al.* Toxic and allergenic plant species in primary school yards of Zagreb's Lower Town district. **Acta Horticulturae et Regiotecturae**, v. 25, n. 1, p. 99-106, 2022.

LESKA, A. *et al.* Effects of insecticides and microbiological contaminants on *Apis mellifera* health. **Molecules**, v. 26, n. 16, p. 5080, 2021.

LI, C. *et al.* Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera ligustica*). **Apidologie**, v. 43, p. 576-586, 2012.

LI, J. *et al.* Pollen reverses decreased lifespan, altered nutritional metabolism and suppressed immunity in honey bees (*Apis mellifera*) treated with antibiotics. **Journal of Experimental Biology**, v. 222, n. 7, p. jeb202077, 2019.

LIOLIOS, V. *et al.* Ranking pollen from bee plants according to their protein contribution to honey bees. **Journal of Apicultural Research**, v. 54, n. 5, p. 582-592, 2015.

MACEDO, M. L. R. *et al.* A trypsin inhibitor from *Peltophorum dubium* seeds active against pest proteases and its effect on the survival of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects**, v. 1621, n. 2, p. 170-182, 2003.

MACÍAS, J. O. M.; GONZALEZ, J. M. T.; ESCAREÑO, F. C. Foraging behavior, environmental parameters and nests development of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Meliponini) in temperate climate of Jalisco, México. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 383-387, 2016.

MEDEIROS JÚNIOR, D. J. D. *et al.* Alimentação proteica alternativa na manutenção e desenvolvimento de colmeias de compostos *Apis mellifera*. **Recital-Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG**, v. 5, n. 1, pág. 75-86, 2023.

- MEDEIROS, A. C. **Cultivo microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* em frutos de algarobeira e sua aplicação como suplemento proteico em abelhas africanizadas.** 2020. Tese de Doutorado em PPGEP - Universidade Federal de Campina Grande, 2020.
- MESIHOVIC, A. *et al.* Heat stress regimes for the investigation of pollen thermotolerance in crop plants. **Plant reproduction**, v. 29, p. 93-105, 2016.
- MESSONNIER, S. P. **Manual de toxicologia e envenenamentos em pequenos animais.** Editora Roca, 2006.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world.** JHU press, 2000.
- MORAIS, M.; TURCATTO, A.; A. PEREIRA, R.; Francoy, T.; GUIDUGLI-LAZZARINI, K.; GONÇALVES, L.; ALMEIDA, J.; ELLIS, J.; JONG, D. Protein levels and colony development of Africanized and European honey bees fed natural and artificial diets. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 12, p. 6915-22, 2013.
- MOURA, M. E. K. *et al.* Influence of some abiotic factors on the flight activity of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) in Southern Brazil. **Journal of Apicultural Research**, p. 1-7, 2022.
- MU, J. *et al.* Artificial asymmetric warming reduces nectar yield in a Tibetan alpine species of Asteraceae. **Annals of botany**, v. 116, n. 6, p. 899-906, 2015.
- NASCIMENTO, C. E. S. **Comportamento invasor da algarobeira *Prosopis juliflora* (Sw) DC. nas planícies aluviais da caatinga.** Tese de Doutorado em PPGBV - Universidade Federal do Pernambuco. 2008.
- NEOV, B. *et al.* Biotic and abiotic factors associated with colonies mortalities of managed honey bee (*Apis mellifera*). **Diversity**, v. 11, n. 12, p. 237, 2019.
- OLIVEIRA, R. C. *et al.* Foraging and drifting patterns of the highly eusocial neotropical stingless bee *Melipona fasciculata* assessed by radio-frequency identification tags. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 9, p. 708178, 2021.
- OLIVEIRA, R. C. *et al.* Trap-nests for stingless bees (Hymenoptera, Meliponini). **Apidologie**, v. 44, p. 29-37, 2013.
- OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals?. **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.
- ORA, K. M. *et al.* Wound healing properties of *Gliricidia sepium* leaves from Indonesia and the Philippines in rats (*Rattus norvegicus*). **Veterinary World**, v. 14, n. 3, p. 820, 2021.
- PALAZUELOS-BALLIVIAN, J. M. P.; UTERMOEHL B. ; SOARES, V. M. . Abelhas nativas sem ferrão. 2. ed. **São Leopoldo: OIKOS**, v. 1, p. 128, 2008.

- PARAY, B. A. *et al.* Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 1167-1176, 2021.
- PARAY, B. A. *et al.* Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 1, p. 1167-1176, 2021.
- PAWLIKOWSKI, T. Pollination activity of bees (Apoidea: Apiformes) visiting the flowers of *Tilia cordata* Mill. and *Tilia tomentosa* Moench in an urban environment. **J. Apic. Sci.**, v. 54, n. 2, p. 73-79, 2010.
- PEDRO, S. R. *et al.* A fauna de abelhas sem ferrão no Brasil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiologia**, v. 61, p. 348-354, 2014.
- PENG, Y. S. C. *et al.* Effects of chlortetracycline on honey bee worker larvae reared in vitro. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 60, n. 2, p. 127-133, 1992.
- PEREIRA, J. S. **A redução na disponibilidade de recursos florais aumenta o tempo de forrageamento de abelhas sem ferrão (*Melipona subnitida*, Apidae, Meliponini)**. Dissertação em PPEC - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.
- POLATTO, L. P.; ALVES JUNIOR, V. V. Foraging *Oxaea flavescens* bees as a function of the dynamics of abiotic factors and food resource availability from *Styrax camporum* flowers. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 44, p. e58568-e58568, 2022.
- PONTON, F. *et al.* Integrating nutrition and immunology: a new frontier. **Journal of Insect Physiology**, v. 59, n. 2, p. 130-137, 2013.
- RAMALHO, M.; SILVA, M. D.; CARVALHO, C. A. L. Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L.(Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. **Neotropical Entomology**, v. 36, p. 38-45, 2007.
- RAO, P. V. *et al.* Biological and therapeutic effects of honey produced by honey bees and stingless bees: a comparative review. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 26, p. 657-664, 2016.
- REITZ, R.; KLEIN, R.M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**. Sellowia, n.34/35, p.525, 1978.
- REZENDE, A. C. C. *et al.* Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona sp.* Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sataré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil. **Palynology**, v. 43, n. 2, p. 255-267, 2019.

- RIBASKI, J., DRUMOND, M. A., OLIVEIRA, V. R., NASCIMENTO, C. E. S. **Algaroba (*Prosopis juliflora*): árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira**. Colombo, EMBRAPA, p. p. (Comunicado técnico), 2009.
- RINCÓN, F. *et al.* Physicochemical and rheological characterization of *Prosopis juliflora* seed gum aqueous dispersions. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 348-357, 2014.
- RODRIGUES, A. E. *et al.* Fontes de alimentação para abelhas nativas: Estudos preliminares da Cayaponia cabocla como planta alimentar para *Melipona scutellaris*. **Revista Brasileira de Biologia e Farmácia BIOFAR**, v. 4, n. 1, p. 66-62, 2010.
- ROMERO, N. *et al.* In vitro anthelmintic evaluation of *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, and *Pithecellobium dulce*: Fingerprint analysis of extracts by UHPLC-orbitrap mass spectrometry. **Molecules**, v. 25, n. 13, p. 3002, 2020.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, 1992.
- RUIZ-NIETO, J. E. *et al.* Mesquite (*Prosopis spp.*) tree as a feed resource for animal growth. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 4, p. 1139-1149, 2020.
- SALVAT, A. *et al.* Antimicrobial activity in methanolic extracts of several plant species from northern Argentina. **Phytomedicine**, v. 11, n. 2-3, p. 230-234, 2004.
- SANTOS, P. R. *et al.* Uso da algarobeira (*Prosopis juliflora*)(Sw.) DC) no semiárido: o caso da Ribeira do Riacho do Navio. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 16, n. 4, 2020.
- SANTOS, S. A.; ROSELINO, A. C.; BEGO, L. R. Pollination of cucumber, *Cucumis sativus* L.(Cucurbitales: Cucurbitaceae), by the stingless bees *Scaptotrigona aff. depilis* Moure and *Nannotrigona testaceicornis* Lepeletier (Hymenoptera: Meliponini) in greenhouses. **Neotropical Entomology**, 37, 506-512, 2008.
- SHAHER, K. W.; MANJY, M. S. Degradation of honey bees and environmental pollution: a review. **Plant Archives**, v. 20, n. 1, p. 339-345, 2020.
- SILVA, J. Plastic senescence in the honey bee and the disposable soma theory. **The American Naturalist**, v. 194, n. 3, p. 367-380, 2019.
- SILVA, M. S. *et al.* Microorganisms in honey. **Honey analysis**, v. 500, p. 233-257, 2017.
- SILVA, T.S.; RANDO, J.G.; CARVALHO, D.A.S. *Peltophorum* in **Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB83567>>. Acesso em: 15 nov. 2023

- SINGARAVELAN, N.; INBAR, M.; NE'EMAN, G.; DISTL, M.; WINK, M.; IZHAKI, I. The effects of nectar–nicotine on colony fitness of caged honeybees. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, p. 49-59, 2006.
- SOLAYMAN, M. *et al.* Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: a comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 1, p. 219-233, 2016.
- SOMMEIJER, M. J. *et al.* A comparative study of foraging behavior and pollen resources of various stingless bees (Hym., Meliponinae) and honeybees (Hym., Apinae) in Trinidad, West-Indies. **Apidologie**, v. 14, n. 3, p. 205-224, 1983.
- STANDLEY, P. C.; STEYERMARK, J. A. Flora of Guatemala. **Flora of Guatemala**, 1946.
- TAKKIS, K. *et al.* Climate change reduces nectar secretion in two common Mediterranean plants. **AoB Plants**, v. 7, p. plv111, 2015.
- TARIQ, S. A.; RAHILANAZLI, A. P.; HINA, Z. Evaluation of bioefficacy of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. against rice field rat, *Bandicota bengalensis* Gray & HARDWICKE. **International Journal of Biology and Biotechnology**, v. 13, n. 3, p. 399-406, 2016.
- THAKUR, M.; NANDA, V. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 82-106, 2020.
- TRONCOSO, M. F. *et al.* *Peltophorum dubium* and soybean Kunitz-type trypsin inhibitors induce human Jurkat cell apoptosis. **International immunopharmacology**, v. 7, n. 5, p. 625-636, 2007.
- TURNER, W. R.; NAKAMURA, T.; DINETTI, M. Global urbanization and the separation of humans from nature. **Bioscience**, v. 54, n. 6, p. 585-590, 2004.
- VALE, K. A. G. *et al.* Evidences of high genetic differentiation among populations of the stingless bee *Scaptotrigona depilis* (Moure, 1942) in Piau , Brazil. **Bee World**, v. 98, n. 3, p. 83-88, 2021.
- VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. Vantagens e limita es do uso de abrigos individuais e comunit rios para a abelha ind gena sem ferr o uru u-amarela (*Melipona flavolineata*). Comunicado T cnico, **EMPRABA**. 2008.
- VIDAL, M. F. Agropecu ria: Mel Natural. **Caderno Setorial ETENE**. 2022.
- WABO, P. *et al.* In vitro activities of acetonic extracts from leaves of three forage legumes (*Calliandra calothyrsus*, *Gliricidia sepium* and *Leucaena diversifolia*) on

Haemonchus contortus. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 4, n. 2, p. 125-128, 2011.

WEGENER, J. *et al.* The membrane phospholipid composition of honeybee (*Apis mellifera*) workers reflects their nutrition, fertility, and vitellogenin stores. **Insectes Sociaux**, v. 65, p. 381-391, 2018.

WU, X. *et al.* The adverse impact on lifespan, immunity, and forage behavior of worker bees (*Apis mellifera* *Linnaeus* 1758) after exposure to flumethrin. **Science of The Total Environment**, v. 858, p. 160146, 2023.

XIMENES, L. F.; Vidal, M. F. Agropecuária: Mel Natural. **Caderno Setorial ETENE**. 2023.

ZAYNAB, M. *et al.* Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. **Microbial pathogenesis**, v. 124, p. 198-202, 2018.

ZINN, K. E.; Tunc-Ozdemir, M.; Harper, J. F. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. **Journal of experimental botany**, v. 61, n. 7, p. 1959-1968, 2010.

CAPÍTULO 2

ATRATIVIDADE, LONGEVIDADE E FATORES QUE INFLUENCIAM O COMPORTAMENTO DE FORRAGEAMENTO DE ABELHAS CANUDO

RESUMO

A abelha canudo, *Scaptotrigona depilis*, é uma das abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini). Elas vivem socialmente em colônias e têm uma dinâmica de forrageamento baseada no sistema de refúgio, onde buscam alimento a partir do ninho. A atividade de forrageamento é vital para a saúde da colônia, fornecendo nutrientes essenciais. A tomada de decisão de forrageamento é influenciada por vários fatores, incluindo a disponibilidade, qualidade dos recursos e fatores abióticos. Portanto, o estudo tem como objetivo conduzir testes de atratividade para compreender as preferências alimentares das operárias entre dez diferentes fontes vegetais, como folhas de umbuzeiro, maniçoba, moleque-duro, feijão bravo, malva branca, folha e semente de gliricídia, vagem de canafístula e algaroba, e cladódios da palma forrageira. Além disso, pretende-se analisar o comportamento forrageador em resposta a fatores abióticos (temperatura, radiação e umidade) e determinar a longevidade da abelha *S. depilis* sob condições controladas. A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios da Estação Experimental Ignácio Hernan Salcedo situada no Instituto Nacional do Semiárido (INSA – Campina Grande, Paraíba). Para a atratividade, utilizou-se o método de espectro de ação em uma arena aberta com alimentadores. O delineamento experimental foi ao acaso, com dez repetições divididas em dois grupos (1: composto por alimentos de origem vegetal, água e candi; 2: composto apenas pelos vegetais). O registro do comportamento alimentar foi feito por observação e contagem do número de visitantes a cada hora, das 7:00 às 17:00. Para os fatores abióticos, foram coletados dados meteorológicos durante esse período. A avaliação foi realizada com o cálculo da média de visitas de abelhas para cada experimento, utilizando testes ANOVA e Tukey, e para os fatores abióticos foi realizada uma regressão polinomial. Para as avaliações da longevidade, foram coletadas abelhas operárias recém-emergidas, alimentadas exclusivamente com candi, onde foi feita uma avaliação do tempo de sobrevivência em cada unidade experimental. Em relação aos resultados de atratividade, foram registradas 758 visitas no total: 497 no experimento I e 261 no experimento II. No experimento I, a média de visitas foi de 9,07 para água e 2,29 para candi, com variação significativa entre os alimentos. No Experimento II, dedicado exclusivamente a alimentos à base de vegetais, os resultados revelaram que a vagem de canafístula foi a mais atrativa, seguida pela semente de gliricídia e pela vagem de algaroba. Quanto ao forrageamento das abelhas, está positivamente correlacionado com a temperatura e o índice de radiação solar, indicando dependência desses fatores na atividade das abelhas. Por outro lado, apresenta correlação negativa com a umidade relativa. No contexto da avaliação da longevidade, as abelhas *S. depilis* apresentaram uma faixa considerável de expectativa de vida, com uma máxima de 47 dias, mínima de 12 dias e uma taxa média de 24 dias, indicando uma adaptação da espécie às condições do semiárido brasileiro. Este estudo proporcionou um melhor entendimento da dinâmica de preferências alimentares, forrageamento e longevidade desses insetos vitais para a polinização em ambientes semiáridos.

Palavras-chave: *Scaptotrigona depilis*. Comportamento alimentar. Fatores abióticos. Semiárido.

ATTRACTIVENESS, LONGEVITY AND FACTORS THAT INFLUENCE THE FORAGING BEHAVIOR OF CANUDO BEES

ABSTRACT

The straw bee, *Scaptotrigona depilis*, is one of the stingless bees (Apidae, Meliponini). They live socially in colonies and have a foraging dynamic based on the refuge system, where they look for food from the nest. Foraging activity is vital to the health of the colony, providing essential nutrients. Foraging decision-making is influenced by several factors, including resource availability, quality, and abiotic factors. Therefore, the study aims to conduct attractiveness tests to understand the food preferences of workers among ten different vegetable sources, such as umbuzeiro leaves, maniçoba, moleque-duro, wild beans, white malva, gliricidia leaf and seed, canafístula pod and mesquite, and cladodes of the forage palm. Furthermore, we intend to analyze foraging behavior in response to abiotic factors (temperature, radiation and humidity) and determine the longevity of the *S. depilis* bee under controlled conditions. The research was carried out in the laboratories of the Ignácio Hernan Salcedo Experimental Station located at the National Semi-Arid Institute (INSA – Campina Grande, Paraíba). For attractiveness, the action spectrum method was used in an open arena with feeders. The experimental design was randomized, with ten replications divided into two groups (1: composed of foods of plant origin, water and candy; 2: composed only of vegetables). Eating behavior was recorded by observing and counting the number of visitors every hour, from 7:00 to 17:00. For abiotic factors, meteorological data were collected during this period. The evaluation was carried out by calculating the average number of bee visits for each experiment, using ANOVA and Tukey tests, and for abiotic factors a polynomial regression was performed. For longevity assessments, newly emerged worker bees were collected, fed exclusively with candi, where an assessment of survival time was made in each experimental unit. Regarding attractiveness results, 758 visits were recorded in total: 497 in experiment I and 261 in experiment II. In experiment I, the average number of visits was 9.07 for water and 2.29 for candy, with significant variation between foods. In Experiment II, dedicated exclusively to plant-based foods, the results revealed that the canafístula pod was the most attractive, followed by the gliricidia seed and the mesquite pod. As for bee foraging, it is positively correlated with temperature and solar radiation index, indicating the dependence of these factors on bee activity. On the other hand, it has a negative correlation with relative humidity. In the context of longevity assessment, *S. depilis* bees presented a considerable range of life expectancy, with a maximum of 47 days, a minimum of 12 days and an average rate of 24 days, indicating an adaptation of the species to the conditions of the Brazilian semi-arid region. . This study provided a better understanding of the dynamics of food preferences, foraging and longevity of these insects vital for pollination in semi-arid environments.

Keywords: *Scaptotrigona depilis*. Eating behavior. Abiotic factors. Semi-arid.

1. INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão, pertencentes à família Apidae e subtribo Meliponini, vivem socialmente em colônias que podem abrigar centenas a milhares de indivíduos, sua dinâmica de forrageamento é baseada no sistema de refúgio, no qual as abelhas operárias buscam alimento a partir de um ponto fixo, que é o ninho (Hubbell e Johnson, 1977; Wilms *et al.*, 1983). São geralmente poliléticos, ou seja, refere-se a abelhas que coletam pólen de variedade de espécies de plantas. A nível populacional, algumas espécies são conhecidas por utilizar recursos florais de mais de cem táxons de plantas ao longo de várias estações em um determinado habitat (Wilms; Imperatriz-Fonseca; Engels, 1996).

Existem pelo menos 600 espécies de abelhas sem ferrão em todo o mundo, agrupadas em cerca de 60 gêneros, contrastando com apenas 11 espécies de abelhas pertencentes a um único gênero, *Apis* (Rasmussen e Cameron, 20108). De acordo com Basari e col. (2018), várias espécies de abelhas sem ferrão ainda estão em fase de estudo, cada espécie possui comportamentos e exigências únicas que devem ser compreendidas não só para facilitar o cultivo e a coleta de frutos, mas também para garantir a sustentabilidade das culturas, principalmente nas áreas de cultivo.

A importância da atividade de forrageamento está intrinsecamente ligada à saúde da colônia, pois esta depende de uma nutrição adequada, pois as larvas necessitam do pólen, que é a fonte proteica, para seu desenvolvimento (Ghosh; Jeon; Jung, 2020). Além de proteínas, o pólen também fornece lipídios e micronutrientes, como minerais essenciais para a saúde das abelhas (Ghosh e Jung, 2022). Quando esse recurso está escasso no ambiente, a quantidade de cria será menor, e conseqüentemente, o número de adultos também será menor, comprometendo a sobrevivência da colônia (Brodschneider e Crailsheim, 2010). Assim, a qualidade e a quantidade dos nutrientes podem ser contadas como um dos principais critérios na tomada de decisão de forrageamento de insetos, como as abelhas, além de outros fatores influentes, como a aparência da flor, incluindo cor, forma, morfologia, área de exibição e odor (Willmer, 2011; Brunet *et al.*, 2015).

Ademais, as forrageiras só conseguem obter dados sobre a disponibilidade de recursos de acordo com os fatores abióticos, tais como temperatura, umidade relativa, intensidade luminosa e velocidade do vento, que são propícios para seu voo (Kleinert *et al.*, 2009). A temperatura é um dos principais fatores na atividade das forrageiras, pois como seus corpos são relativamente pequenos, a alta relação superfície/volume faz com que dependam bastante da temperatura ambiente (Michener, 1974). Estudos

demonstraram uma relação positiva com a temperatura e uma correlação negativa com a umidade relativa (Macías, Gonzalez, Escareño, 2016; Jaapar *et al.*, 2018).

As abelhas operárias desempenham diversas funções ao longo de suas vidas, seguindo um padrão de divisão de trabalho conhecido como polietismo etário (Michener, 1974). Inicialmente, durante as primeiras 2 a 3 semanas de vida adulta, concentram-se em tarefas internas, como cuidar da cria, limpeza e manipulação de alimentos estocados nos potes (Sakagami e Hermann, 1982). À medida que envelhecem, as operárias passam por uma transição de responsabilidades. Nos últimos dias de vida, aproximadamente durante 1–2 semanas, elas se dedicam às atividades de forrageamento, que envolvem a busca por recursos tróficos e não-tróficos no ambiente. Durante essa fase, a abelha operária adulta desempenha um papel crucial na coleta de néctar e pólen fora da colmeia. Essa mudança de tarefas ao longo da vida das operárias reflete uma notável plasticidade fenotípica, destacando a adaptação das abelhas às necessidades da colônia (Winston, 1991).

Quando levamos em consideração o esforço para procurar recursos e os riscos de predação encontrados fora do cortiço, o consumo energético ao longo da vida por parte das operárias também influencia os padrões de sobrevivência (Page e Peng, 2001). Prado *et al* (2020) observaram esse fenômeno em *A. mellifera*, onde constataram que as operárias submetidas a um esforço extra de trabalho apresentavam uma expectativa de vida mais curta e uma atividade de forrageamento menor em comparação com aquelas sujeitas a esforços de forrageamento normais.

Diante da problemática, o estudo busca conduzir um testes de atratividade para compreender as preferências alimentares das operárias entre diferentes fontes vegetais, como folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), maniçoba (*Manihot esculenta*), moleque-duro (*Leucaena leucocephala*), feijão bravo (*Canavalia ensiformis*), malva branca (*Sida rhombifolia*), folha e semente de gliricídia (*Gliricidia sepium*); vagem de canafístula (*Peltophorum dubium*) e algaroba (*Prosopis juliflora*); e cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). As amostras foram escolhidas com base na diversidade de fontes vegetais disponíveis na região de estudo e na relevância de suas características nutricionais. Além disso, pretende-se analisar o comportamento forrageador em resposta a fatores abióticos (temperatura, radiação e umidade) e determinar a longevidade da abelha *Scaptotrigona depilis* sob condições controladas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios da Estação Experimental Ignácio Hernan Salcedo situado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA – Campina Grande, Paraíba), situada na Mesorregião Geográfica do Agreste da Borborema do Nordeste Brasileiro, com condições climáticas locais características de semiaridez, no estado da Paraíba (Figura2).

Figura 2. Localização da área de estudo



Fonte: Autora (2024)

2.2 Obtenção e preparo da matéria-prima

Foram selecionadas dez amostras vegetais, sendo estas: folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), maniçoba (*Manihot esculenta*), moleque-duro (*Leucaena leucocephala*), feijão bravo (*Canavalia ensiformis*), malva branca (*Sida rhombifolia*), folha e semente de gliricídia (*Gliricidia sepium*); vagem de canafístula (*Peltophorum dubium*) e algaroba (*Prosopis juliflora*); e cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-*

indica), para compor o rank do teste de atratividade e posteriormente para dar continuidade às análises propostas nos objetivos.

As amostras foram obtidas no INSA e transportadas para o Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), onde passaram por etapas para produção das farinhas das dez amostras. Foram dispostas em bandejas de polipropileno para a separação e eliminação de sujidades e descarte de amostras danificadas.

Em seguida, foi realizada a sanitização, utilizando solução clorada, por 15 minutos. Após esta etapa, as vagens foram dispostas em estufa de circulação de ar e submetidas a secagem por 72h a temperatura de 55°C. Após a secagem inicial as amostras foram trituradas em moinho de facas do tipo Willey com peneira de 0,25 mm. O material obtido deste processo, foi peneirado e armazenado para a sua caracterização.

2.3 Teste de atratividade e fatores abióticos

O fator atratividade deve ser considerado na alimentação de abelhas, uma vez que em seu ambiente natural, estes insetos desempenham um comportamento de escolha do seu alimento, utilizando estratégias a partir de um conjunto de mecanismos fisiológicos para promover uma melhor aceitação do alimento. A escolha das espécies vegetais foi realizada por meio de um espectro de ação utilizando o método arena em espaço aberto, contendo alimentadores com os vegetais determinados na pesquisa. Os testes foram realizados utilizando a metodologia aplicada por Procópio *et al.* (2003) e Soares *et al.* (2021), com adaptações.

Utilizou-se um delineamento ao acaso, com dez repetições, distribuídas da seguinte forma: I) 5 repetições incluindo as farinhas das dez amostras acrescidas de candi e água, totalizando 12 alimentadores para o primeiro ensaio; II) e posteriormente, mais 5 repetições apenas com as farinhas dos vegetais. Faz-se necessário salientar que os vegetais selecionados são plantas nativas ou adaptadas do semiárido, desempenhando, assim, um papel significativo nos estudos abrangidos pelo projeto de alimentação suplementar de abelhas.

A parte central da arena tem um diâmetro de 22 x 10cm. Cada alimentador que continha vegetais possuía uma proporção de 50% de amostra e 50% de candi, totalizando 6g. Nos outros alimentadores, havia apenas candi, enquanto em outro havia apenas água (Figura 3). O método de registro foi do tipo animal focal, através da observação e

contagem do número de visitantes durante os 10 dias, a cada hora, das 7:00 às 17:00, nos dias analisados. O setor possui 21 colônias de *S. depilis*.

Figura 3. Testes de visitação nos alimentadores pelas as abelhas operárias



Fonte: Autora (2024)

Para os fatores abióticos, foram coletados dados meteorológicos durante esse período, incluindo as seguintes variáveis da rede meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET): Temperatura do Ar ($^{\circ}\text{C}$), Umidade Relativa do Ar (%) e Radiação (kJ/m^2).

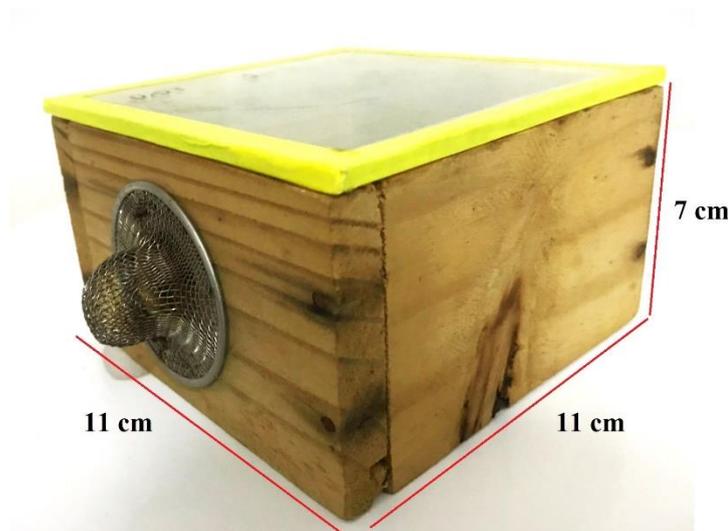
A avaliação da atratividade foi conduzida através do cálculo da média de visitas de abelhas para cada experimento, utilizando testes de variância, ANOVA e o teste de Tukey para comparar os diferentes alimentadores, com um nível de significância de 5%. Os resultados foram apresentados por meio de gráficos de caixa (*box plot*). Uma regressão polinomial foi aplicada aos fatores abióticos, posteriormente, para relacionar a proporção de visitas em cada hora de observação com as correspondentes condições ambientais das médias de temperatura, foram empregados testes ANOVA e o teste de Tukey ($p < 0,01$). Todas análises foram realizadas no software RStudio (2023.06.2).

2.4 Avaliação da longevidade da *Scaptotrigona depilis*

Para as avaliações da longevidade, foram coletadas abelhas operárias recém-emergidas e alimentadas exclusivamente com candi. As abelhas capturadas foram mantidas em gaiolas de madeira, medindo 11 cm de comprimento, 11 cm de largura e 7 cm de altura (Figura 4). A parte superior foi fechada por uma lâmina de vidro para facilitar a observação das abelhas. As laterais das gaiolas apresentavam duas aberturas, uma

vedada por uma tela de nylon para propiciar a entrada de ar e a outra por uma estrutura metálica em forma de cone utilizada para proporcionar conforto na circulação de ar no confinamento das abelhas, para cada gaiola foram colocadas 20 abelhas.

Figura 4. Gaiola utilizada como unidade experimental nos tratamentos de longevidade e toxicidade de abelhas



Fonte: Autora (2024)

O experimento foi realizado a uma temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$. Este método representa uma abordagem primária para observar a longevidade. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados com três repetições.

A análise de sobrevivência das abelhas foi realizada utilizando a metodologia descrita por Motulsky (1995), que emprega o método de Kaplan-Meier. As curvas de sobrevivência foram obtidas por meio do software RStudio (versão 2023.06.2), com a aplicação do teste não paramétrico Log-Rank para a comparação das curvas.

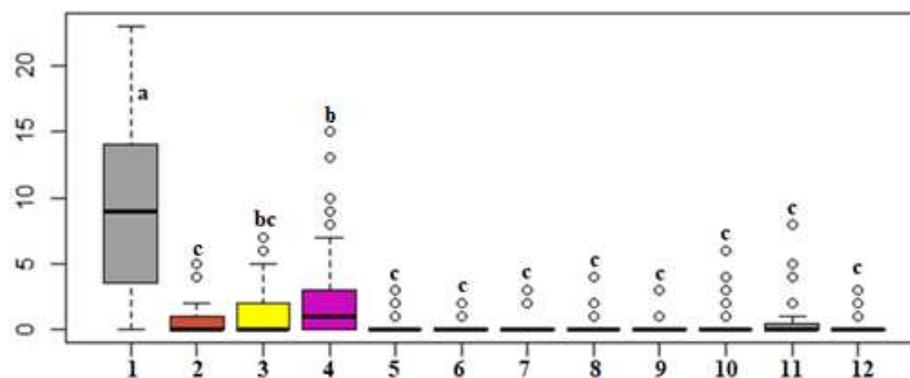
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Atratividade

Para testar a atratividade, foram realizados dois grupos de experimentos. No primeiro grupo, foram oferecidos produtos vegetais, água e candeia, enquanto no segundo grupo, apenas alimentos vegetais foram oferecidos. A média das visitas foi calculada e avaliada estatisticamente usando ANOVA e teste de Tukey. Os resultados foram representados graficamente.

Os resultados do teste ANOVA indicaram que existe evidência de diferença significativa na média entre os alimentos ofertados (valor- $p = 2,2 \times e^{-16}$), usando como métrica a variação entre as visitas. A linha horizontal mais grossa representa a mediana, a caixa o intervalo interquartil e as linhas tracejadas os valores extremos, respectivamente, e as letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$). Os gráficos correspondentes às análises I e II estão representados nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

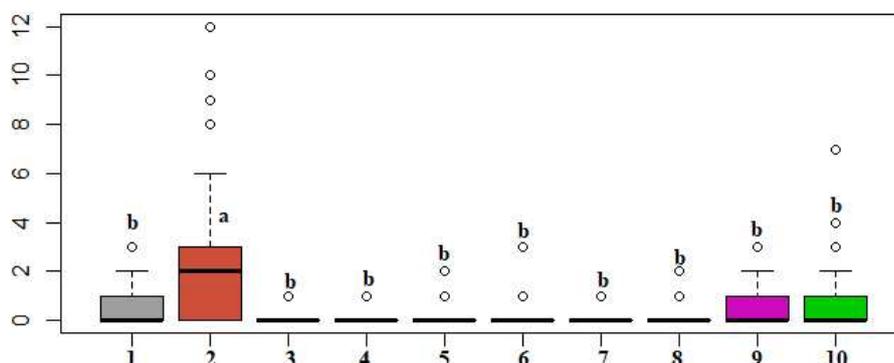
Figura 5. Boxplot da distribuição de dados acerca da Análise I.



Legenda: 1. Água; 2. Algaroba; 3. Canafístula; 4. Candi; 5. Feijão Bravo; 6. Folha de gliricídia; 7. Malva branca; 8. Maniçoba; 9. Moleque duro; 10. Palma; 11. Semente de gliricídia; 12. Umbu.

Fonte: autora (2024)

Figura 6. Boxplot da distribuição de dados acerca da Análise II.



Legenda: 1. Algaroba; 2. Canafístula; 3. Feijão Bravo; 4. Folha de gliricídia; 5. Malva branca; 6. Maniçoba; 7. Moleque duro; 8. Palma; 9. Semente de gliricídia; 10. Umbu.

Fonte: autora (2024)

No total, foram registradas 758 visitas, sendo 497 no experimento I e 261 no experimento II. No experimento I, observou-se uma variação significativa na média de visitas das abelhas entre os diferentes alimentos. A água foi altamente atrativa para as abelhas, com uma média de 9,07 visitas. O candi também recebeu uma quantidade significativa de visitas, com uma média de 2,29 visitas. Os alimentadores vegetais receberam uma quantidade consideravelmente menor de visitas. Entre os produtos vegetais, a vagem de *Canafístula* teve a próxima maior média de visitas, seguida pela semente de gliricídia.

Enquanto no Experimento II, dedicado exclusivamente a alimentos à base de vegetais, os resultados revelaram que a vagem de canafístula foi a mais atrativa, seguida pela semente de gliricídia e pela vagem de algaroba. A vagem de canafístula destacou-se como o alimento mais significativo em termos de atratividade, conforme indicado pela média de visitas. Essa diferença significativa foi confirmada por meio do teste de Tukey.

Como o experimento foi realizado no último trimestre do ano 2024, foi possível observar uma diferença significativa pela preferência da água, o que pode ser explicado que este período é caracterizado por temperaturas mais elevadas e estações chuvosas curtas ou em intervalos irregulares, afetando a disponibilidade de água. Conseqüentemente o déficit hídrico ao longo de vários meses também pode limitar a disponibilidade de recursos florais e as vezes muito breves e imprevisíveis, o que representa um desafio para a sobrevivência das colônias (Marengo; Torres; Alves, 2017; Hrcir *et al.*, 2019; Souza *et al.*, 2019).

A água desempenha um papel crucial na vida das abelhas e na dinâmica de uma colmeia. Seu impacto vai muito além da simples hidratação, influenciando diretamente o desempenho, a termorregulação e, por conseguinte, a saúde geral da colônia. Dentre as relevâncias da água, destaca-se a i) hidratação e nutrição, pois as abelhas utilizam para diluir o mel, além de que é essencial para dissolver cristais de açúcar, facilitando o processo de digestão; ii) termorregulação dentro da colmeia, para manter uma temperatura interna estável, para otimizar o desenvolvimento das crias e manter a atividade metabólica; iii) produção de cera, pois para a construção de favos e armazenamento de mel e pólen requer uma quantidade significativa de água; iv) comportamento higiênico, pois elas coletam água para higienizar a colmeia, removendo sujeira e detritos, esse comportamento é crucial para manter um ambiente saudável e livre

de patógenos (Winston, 1991; Jarimi; Tapia-Brito; Riffat, 2020; Rankin; Barney; Lozano, 2020).

A “pasta candi” é um suplemento alimentar feito de açúcar e mel, sendo frequentemente usada como uma fonte adicional de alimento para abelhas durante períodos em que a colmeia pode não ter fácil acesso a néctar ou quando as condições climáticas são adversas, esse tipo de suplemento é especialmente útil quando as flores podem não estar disponíveis (Borghi *et al.*, 2019; Gates, 2021). Corroborando com o estudo de Soares e colaboradores (2021), a abelha *T. spinipes* exibiu um comportamento de preferência por soluções com maiores teores de açúcares.

Segundo Roubik (1989), os Trigonini aparentemente evitam colher néctares ricos em frutose e glucose, por outro lado, visitam prontamente plantas que possuem pistilo e apresentam teores elevados de sacarose, o que pode estar relacionada à sua capacidade de fornecer uma fonte para demandas energéticas para as atividades metabólicas intensas associadas à busca por alimento, voos de forrageamento e outras funções vitais. Esses comportamentos se alinham de maneira notável ao equilíbrio ecológico existente entre as abelhas da tribo Trigonini e as plantas que polinizam (Antunes *et al.*, 2012).

Dentre as dietas contendo os alimentos vegetais ofertados, houve uma similaridade nos dois experimentos pela preferência entre as farinhas das vagens de canafístula, semente de gliricídia e vagem de algaroba, respectivamente. Existe uma escassez na literatura sobre a aplicação dessas plantas na alimentação de abelhas nativas, porém Medeiros (2020) avaliou o cultivo microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* em vagens de algarobeira em abelhas africanizadas, no qual foi constatado que o suplemento nutricional proteico não apresentou toxicidade promovendo um tempo médio de vida as abelhas de 25 dias.

A abelha *T. spinipes* demonstrou um comportamento territorial na fonte de alimento, impedindo a aproximação de outras espécies de abelhas nos alimentadores, sendo possível observar, como comportamento defensivo, brigas com outra espécie como a *Scaptotrigona depilis*, o que impossibilitava a aproximação. O comportamento de "patrulhar" a fonte de alimento da abelha *T. spinipes* refere-se à ação dessas abelhas de monitorar e defender ativamente a área onde encontraram uma fonte de recursos alimentares. Esse comportamento é uma forma de dominância, onde detectam e orientam a direção de odor depositadas por um competidor e então rapidamente assumem o controle da fonte de alimento, afastando ou matando seus concorrentes (Nieh *et al.*, 2004),

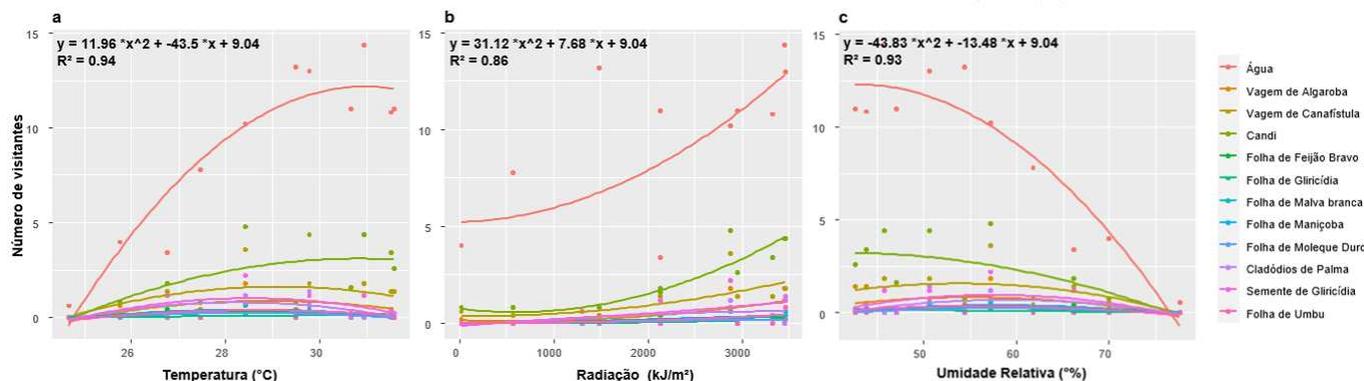
esse comportamento também foram observados em outros estudos (Nieh *et al.*, 2004; Soares *et al.*, 2021).

Houve uma latência de 123 minutos até a primeira visitação da espécie *S. depilis* na primeira repetição, porém no decorrer da execução o período da latência foi estabelecido pela a *T. spinipes*, apresentando uma média 30,3 minutos até o primeiro indivíduo visitar o alimentador. Essa grande latência pode estar associada ao comportamento da abelha em relação ao recrutamento por alimentação, onde é observado quando uma fonte de alimento significativa é descoberta, e as abelhas começam a comunicar eficientemente essa informação para outras. Dentre os mecanismos, tem-se a dança das abelhas, na qual a forma de comunicação elaborada permite informar sobre a direção, distância e qualidade da fonte de alimento recém-descoberta (Rajagopal; Brockmann; George, 2022).

3.2 Forrageamento: impacto dos fatores abióticos

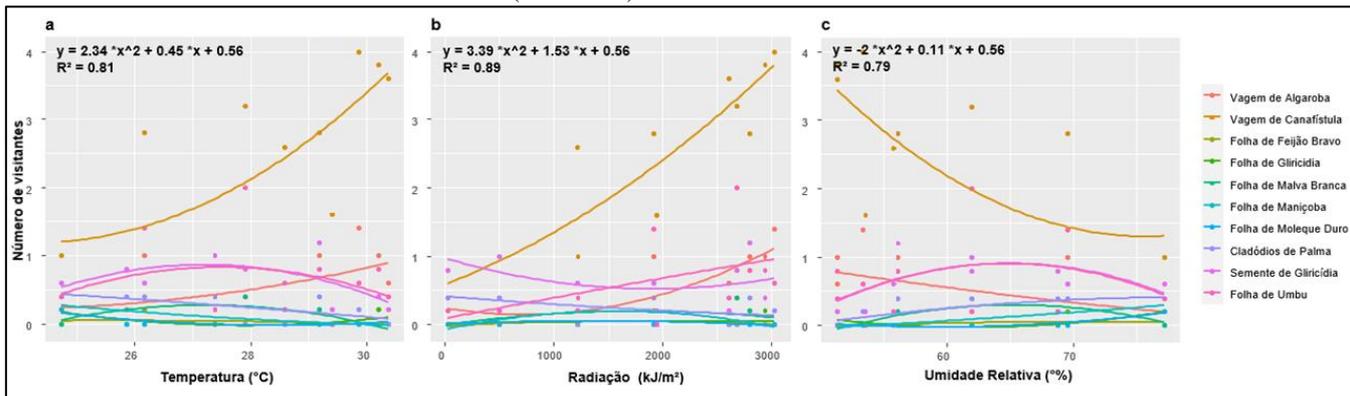
No que diz respeito a inter-relação entre os fatores ambientais, o comportamento de forrageio correlacionou-se positivamente com a temperatura e com o índice de radiação solar, e negativamente com a umidade relativa, em ambos experimentos como mostra a figura 7 (Análise I) e 8 (Análise II), o script em questão pode ser encontrado no Apêndice B. Houve também correlação positiva entre temperatura e horários do dia. A princípio, pode-se afirmar que para os dois experimentos, a atividade forrageira da espécie de abelha predominante dependia principalmente da hora, radiação solar e temperatura, Figura 9.

Figura 7. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais (Análise I)



Fonte: autora (2024)

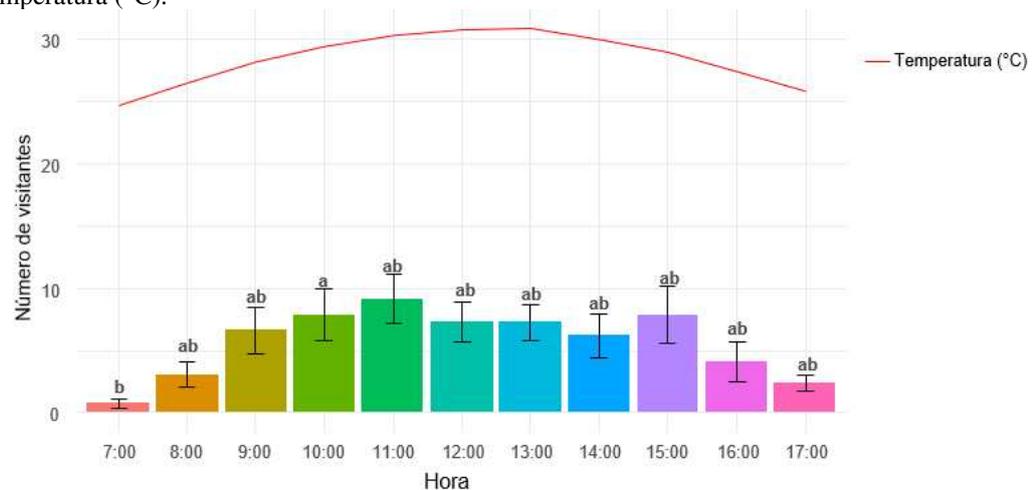
Figura 8. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais (Análise II)



Fonte: autora (2024)

De acordo com a Figura 9 foi possível observar a preferência pelo o horário da manhã, principalmente no período de 09:00 às 11:00h com exceção das 15:00 que foi encontrado um aumento de visitação, porém somente o horário das 7:00 teve uma variação estatisticamente significativa ($p < 0,01$), Tabela 1, o script está disponível no Apêndice C. No estudo de Caron (2013) foi observado que, nas primeiras horas da manhã, houve um aumento na atividade de forrageamento das abelhas, possivelmente devido à maior exposição à radiação solar global no local, resultando em um aumento subsequente da temperatura do ar e, assim, criando um ambiente mais propício para o forrageamento.

Figura 9. Proporção de visitas para cada hora de observação e suas correspondentes condições ambientais médias de temperatura (°C).



Fonte: autora (2024)

Tabela 1. Comparações entre as médias de visitas para cada hora de observação.

Hora	1º Experimento
7:00	0,80b
8:00	3,10ab
9:00	6,70ab
10:00	7,90a
11:00	9,20ab
12:00	7,30ab
13:00	7,30ab
14:00	6,30ab
15:00	7,90ab
16:00	4,10ab
17:00	2,40ab

Fonte: autora (2024)

Diversas pesquisas apontaram que as características corporais e as restrições fisiológicas das abelhas podem influenciar nos padrões de forrageamento, favorecendo o voo em condições dependentes de fatores abióticos. Em tais circunstâncias, as abelhas têm uma tendência predominante por períodos nos quais a temperatura é elevada, enquanto a umidade relativa e a temperatura de ponto de orvalho são baixas (Polatto; Chaud-Netto; Alves-Junior, 2014; Alves; Cassino; Prezoto, 2015; Soares *et al.*, 2021).

A correlação positiva entre as atividades de forrageamento de espécie *S. depilis* e *T. spinipes* varia com a temperatura também pode ser considerada um padrão estabelecido para a maioria das abelhas (Antonini *et al.*, 2005; Almeida-Soares *et al.*, 2010). Na região Nordeste a temperatura é um dos principais fatores que influenciam o comportamento das abelhas, onde na sua maioria possui temperaturas elevadas ao longo do ano, com uma estação seca mais prolongada e uma estação chuvosa mais concentrada (Benevides; Maia; Silva, 2022).

Assim como a temperatura, as abelhas têm preferência por forragear em períodos em que a temperatura e a radiação são altas. Além disso, Polatto e col. (2014) afirma que o início da atividade forrageira das abelhas é especialmente influenciado pelo aumento da intensidade luminosa, culminando no declínio da disponibilidade de recursos florais e luminosos no ambiente. A temperatura, a luminosidade e a abundância de recursos florais desempenham papéis reguladores na frequência das saídas forrageiras das abelhas ao longo do dia.

No resultado da atratividade, a água foi o material mais visitado dentre os demais, principalmente quando a temperatura estava mais elevada. De acordo com Nicolson (2009) quando a temperatura está mais elevada pode ocorrer o resfriamento evaporativo,

pois as operárias coletam água, permitindo o resfriamento evaporativo dentro da colônia. Enquanto Southwick e Heldmaier (1987) explica que as abelhas buscam água e distribuem pequenas gotas de água dentro da colmeia e nas paredes das células que contêm ovos ou larvas para evitar a secagem, resultando numa diminuição da temperatura da colmeia.

A variação na disponibilidade de recursos florais no ambiente pode determinar o comportamento de forrageamento das abelhas, como indicado por diversos estudos (Maia-Silva, *et al.*, 2015; Di Pasquale *et al.*, 2016; Ogilvie e Forrest, 2017). Além disso, uma vez que a atividade de forrageamento tem um impacto direto na quantidade de recursos armazenados nas colônias (Roubik, 1982), é possível que as colônias ajustem suas atividades internas, como a produção de crias, em resposta às mudanças ambientais (Maia-Silva *et al.*, 2015).

A umidade relativa pode ser considerado um índice para reconhecer o conteúdo de umidade do ar (Lawrence, 2005). Abelhas, assim como muitos outros insetos, são ectotérmicos, o que significa que sua temperatura corporal está relacionada à temperatura ambiente, conseqüentemente altas umidades relativas podem dificultar a perda de calor pelas abelhas, afetando seu metabolismo (Stupski e Schilder, 2021).

Diversas pesquisas concordam acerca da relação da umidade relativa do ar e a atividade de forrageamento das abelhas (Erickson e Buchmann, 1983; Corbet, 1990; Sung *et al.*, 2011; Alves *et al.*, 2015), indicando efeitos diretos e indiretos sobre esses insetos (Corbet, 1990). No aspecto direto, condições úmidas podem dificultar o voo das abelhas, impactando também a coleta de pólen, uma vez que os grãos de pólen podem não aderir a um corpo úmido devido a cargas eletrostáticas (Erickson e Buchmann, 1983; Corbet, 1990). Indiretamente, a umidade pode exercer uma forte influência sobre as flores, modificando sua cor e estrutura, além de alterar a secreção de néctar ou a concentração de açúcar neste, o que torna as flores menos atrativas para as abelhas (Corbet, 1990).

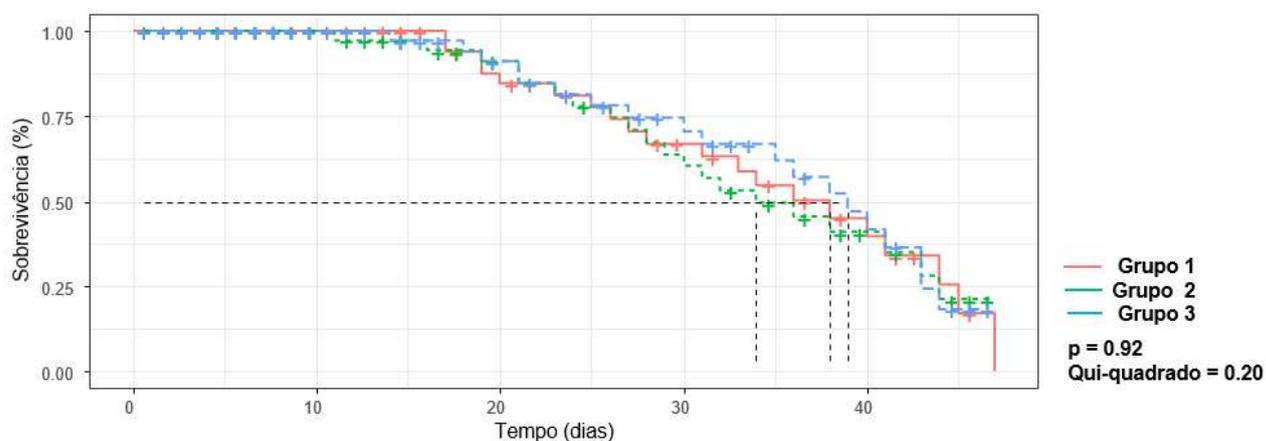
Embora ainda sejam necessários mais estudos para compreender completamente como os fatores climáticos afetam o comportamento das abelhas, nossos resultados mostram que esta espécie é altamente suscetível a variações nos fatores climáticos, com flutuações relativamente pequenas tendo um impacto significativo na sua vida, demonstrando que mesmo pequenas mudanças no futuro, o clima poderá causar implicações notáveis nas suas atividades extranidais.

3.3 Longevidade das operárias *Scaptotrigona depilis*

Durante a avaliação da longevidade foi possível observar uma expectativa de vida máxima alcançada de 47 dias, enquanto a mínima foi de 12 dias, com taxa média de sobrevivência de 24 dias em abelhas *S. depilis* na região do semiárido brasileiro. Em um estudo conduzido por Gomes e colaboradores (2015) no estado do Amazonas, com a espécie *Melipona fasciculata*, popularmente conhecida como Abelha Tiúba, foi constatado que as operárias que emergiram na estação chuvosa começaram a forragear mais tarde e viveram pelo menos 50% mais do que as forrageadoras da estação seca. A longevidade máxima alcançada pelas operárias foi de 80 dias, enquanto a mínima foi de 17 dias, concluindo que o acesso ao alimento influencia na longevidade das abelhas.

As curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier entre as abelhas operárias recém emergidas e alimentadas com pasta candi se mostraram convexas, indicando mortalidade crescente com o aumento da idade (Figura 10), o script destinado à representação gráfica das curvas de sobrevivência pode ser encontrado no Apêndice D.

Figura 10. Curvas de sobrevivência de Kaplan-Meier da abelha *S. depilis* comparadas por Teste Log-Rank



De acordo com a Figura 10 a hipótese nula foi aceita e pode-se inferir que existem evidências suficientes para afirmar que não existe uma diferença na sobrevivência entre as triplicatas (grupos), pois o valor p do teste foi equivalente a 0,92 (nível de confiança de 95%). A chance de sobrevivência é de 1,0 no tempo zero, ou seja, os 100% dos participantes estão vivos, enquanto a estatística do teste Qui-Quadrado é 0,2 com 1 grau de liberdade, reafirmando que não há uma diferença significativa na sobrevivência entre os grupos.

A longevidade das abelhas operárias está correlacionada com diversos fatores bióticos e abióticos, contudo não existe na literatura a longevidade das abelhas *S. depilis*, principalmente no contexto da região semiárida. Conforme destacado por Amdam *et al.* (2013), as abelhas operárias com uma atividade de forrageio intensa tendem a ter uma expectativa de vida mais curta em comparação com aquelas com atividade mais baixa. Além disso, o momento em que as abelhas começam a forragear desempenha um papel significativo em sua longevidade.

Indivíduos que iniciam o forrageamento mais cedo geralmente apresentam uma expectativa de vida mais curta devido a fatores como maior mortalidade fora do ninho e uma exploração fisiológica mais intensa durante o forrageamento, conforme observado por Rueppell *et al.* (2007). É importante notar que o envolvimento em atividades de forrageamento e o início são frequentemente influenciados por fatores sazonalmente variáveis, como a disponibilidade de néctar e pólen no ambiente, condições climáticas e o estado energético da colônia, como indicado por Winston (1991), conseqüentemente o esforço energético ao longo da vida das operárias é condicionado aos padrões de sobrevivência, especialmente quando consideramos a busca por recursos e os desafios de predação enfrentados fora do ninho (Page e Peng, 2001).

Em abelhas sem ferrão, como é o caso da *S. depilis* (Tribo Meliponini), a maior parte das pesquisas sobre longevidade, conforme revisado por Halcroft *et al.* (2013), concentrou-se em espécies subtropicais, como evidenciado por estudos anteriores, por exemplo, Terada *et al.* (1975); Simões e Bego (1991); Halcroft *et al.* (2013). Em outro estudo conduzido na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará, com abelhas das orquídeas (Apidae, Euglossini), foi observado que as abelhas viveram, em média, 23 dias, não havendo variação na longevidade entre os indivíduos dos grupos (Brito *et al.*, 2017).

4. CONCLUSÃO

No primeiro grupo, os itens mais visitados foram a água, o candi e a vagem de canafístula. No segundo resultado, temos a vagem de canafístula, a semente de gliricídia e a vagem de algaroba, respectivamente. Essa distinção ressalta a influência da composição alimentar na atratividade para as abelhas, sugerindo uma complexidade nas preferências desses insetos.

A análise da inter-relação entre fatores ambientais durante os experimentos revelou padrões consistentes. O forrageamento demonstrou uma correlação positiva tanto com a temperatura quanto com o índice de radiação solar, indicando uma dependência

significativa desses fatores na atividade forrageira das abelhas. Ao mesmo tempo, o forrageamento apresentou correlação negativa com a umidade relativa. A observação de uma correlação positiva entre temperatura e horários do dia sugere que a atividade forrageira está diretamente ligada ao período da manhã, radiação solar e temperatura, com uma preferência pelo horário das 09:00h às 11:00h.

No contexto da avaliação da longevidade, as abelhas *S. depilis* na região do semiárido brasileiro apresentaram uma faixa considerável de expectativa de vida. A observação de uma expectativa de vida máxima de 47 dias, em contraste com uma mínima de 12 dias. A taxa média de sobrevivência de 24 dias evidencia a adaptação da espécie a condições específicas do semiárido brasileiro em condições controladas. Os resultados são relevantes para a compreensão da biologia dessas abelhas em um contexto específico, fornecendo informações valiosas que podem ser aplicadas no desenvolvimento de estratégias de preservação e manejo adequadas, considerando, assim particularidades regionais.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-SOARES, S. *et al.* Pollination of *Adenocalymma bracteatum* (Bignoniaceae): floral biology and visitors. **Neotropical Entomology**, v. 39, p. 941-948, 2010.
- ALVES, L. H. S.; CASSINO, P. C. R.; PREZOTO, F. Effects of abiotic factors on the foraging activity of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 in inflorescences of *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, p. 405-409, 2015.
- AMDAM, G. V. *et al.* The nurse's load: early-life exposure to brood-rearing affects behavior and lifespan in honey bees (*Apis mellifera*). **Experimental gerontology**, v. 44, n. 6-7, p. 467-471, 2009.
- ANTONINI, Y. *et al.* Diversidade e comportamento dos insetos visitantes florais de *Stachytarpheta glabra* Cham.(Verbenaceae), em uma área de campo ferruginoso, Ouro PRETO, M. G. **Neotropical Entomology**, v. 34, p. 555-564, 2005.
- ANTUNES, H. A. *et al.* Native bees (Apidae: Meliponina) and their floral resources in a part of a forest located in urban areas. **Magistra**, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2012.

- BASARI, N.; RAMLI, S. N.; MOHD KHAIRI, N. A. S. A recompensa alimentar e a distância influenciam o padrão de forrageamento da abelha sem ferrão, *Heterotrigona itama*. *Insetos*, v. 9, n. 4, pág. 138, 2018.
- BENEVIDES, J. A. J.; MAIA, R. C.; SILVA, I. H. Monitoramento fenológico para avaliação de impacto ambiental em manguezais estuarinos no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 31, p. 1631-1653, 2022.
- BORGHI, M. *et al.* Flowers and climate change: a metabolic perspective. **New Phytologist**, v. 224, n. 4, p. 1425-1441, 2019.
- BRITO, T. F. *et al.* Longevidade e atividade de abelhas das orquídeas (Apidae: Euglossini) em ninhos-isca em Belém-PA. **21º Seminário de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Oriental**. 2017.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v.41, p.278-294, 2010.
- BRUNET, J. *et al.* The effects of flower, floral display, and reward sizes on bumblebee foraging behavior when pollen is the reward and plants are dichogamous. **International Journal of Plant Sciences**, v. 176, n. 9, p. 811-819, 2015.
- CARON, B. O. *et al.* Movimentação de *Trigona spinipes* (Fabricius) na *Mimosa scabrella* (Bentham) em função de fatores climáticos. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 3, p. 270-276, 2013.
- CORBET, S. A. Pollination and the weather. **Israel Journal of Plant Sciences**, v. 39, n. 1-2, p. 13-30, 1990.
- DI PASQUALE, G. *et al.* Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. **PloS one**, v. 11, n. 9, p. e0162818, 2016.
- ERICKSON, E. H.; BUCHMANN, S. L. Electrostatics and pollination. *Handbook of Experimental Pollination Biology*. **Jones and Little pg**, p. 173-184, 1983.
- GATES, B. N. **Soft Candy for Bees**. Good Press, 2021.
- GHOSH, S.; JEON, H.; JUNG, C. Foraging behaviour and preference of pollen sources by honey bee (*Apis mellifera*) relative to protein contents. **Journal of Ecology and Environment**, v. 44, p. 1-7, 2020.
- GHOSH, S.; JUNG, C. Temporal changes of nutrient composition from pollen patty to bee bread with special emphasis on amino and fatty acids composition. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 25, n. 1, p. 101873, 2022.

- GOMES, R. L. C.; MENEZES, C.; CONTRERA, F. A. L. Worker longevity in an Amazonian *Melipona* (Apidae, Meliponini) species: effects of season and age at foraging onset. **Apidologie**, v. 46, p. 133-143, 2015.
- HALCROFT, M.; HAIGH, A. M.; SPOONER-HART, R. Ontogenic time and worker longevity in the Australian stingless bee, *Austroplebeia australis*. **Insectes sociaux**, v. 60, p. 259-264, 2013.
- HRNCIR, M. *et al.* Stingless bees and their adaptations to extreme environments. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 205, p. 415-426, 2019.
- HUBBELL, S. P.; JOHNSON, L. K. Competition and nest spacing in a tropical stingless bee community. **Ecology**, v. 58, n. 5, p. 949-963, 1977.
- JAAPAR, M. F. *et al.* Foraging behavior of stingless bee *Heterotrigona itama* (Cockerell, 1918)(Hymenoptera: Apidae: Meliponini). In: **AIP Conference proceedings**. AIP Publishing, 2018.
- JARIMI, H.; TAPIA-BRITO, E.; RIFFAT, S. A review on thermoregulation techniques in honey bees' (*Apis mellifera*) beehive microclimate and its similarities to the heating and cooling management in buildings. **Future Cities and Environment**, v. 6, p. 7-7, 2020.
- KAPLAN, N. L.; HILL, W. G.; WEIR, B. S. Likelihood methods for locating disease genes in nonequilibrium populations. **American Journal of Human Genetics**, v. 56, n. 1, p. 18, 1995.
- KLEINERT, H. **Path integrals in quantum mechanics, statistics, polymer physics, and financial markets**. World scientific, 2009.
- LAWRENCE, M. G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 86, n. 2, p. 225-234, 2005.
- MACÍAS, J. O. M.; GONZALEZ, J. M. T.; ESCAREÑO, F. C. Foraging behavior, environmental parameters and nests development of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Meliponini) in temperate climate of Jalisco, México. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 383-387, 2016.
- MAIA-SILVA, C. *et al.* Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, v. 46, p. 631-643, 2015.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189-1200, 2017.

- MEDEIROS, A. C. **Cultivo microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* em frutos de algarobeira e sua aplicação como suplemento proteico em abelhas africanizadas.** 2020. Tese de Doutorado em PPGEP - Universidade Federal de Campina Grande, 2020.
- MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees: a comparative study.** Harvard University Press, 1974.
- MOTULSKY, A. G. Jewish diseases and origins. **Nature genetics**, v. 9, n. 2, p. 99-101, 1995.
- NICOLSON, S. W. Water homeostasis in bees, with the emphasis on sociality. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, n. 3, p. 429-434, 2009.
- NIEH, J. C. *et al.* Olfactory eavesdropping by a competitively foraging stingless bee, *Trigona spinipes*. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 271, n. 1548, p. 1633-1640, 2004.
- OGILVIE, J. E.; FORREST, J. R. K. Interactions between bee foraging and floral resource phenology shape bee populations and communities. **Current opinion in insect science**, v. 21, p. 75-82, 2017.
- PAGE JR, R. E.; PENG, C. Y.-S. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. **Experimental gerontology**, v. 36, n. 4-6, p. 695-711, 2001.
- POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. V. Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees: influence of abiotic and biotic factors on bees. **Journal of Insect Behavior**, v. 27, p. 593-612, 2014.
- PRADO, A. *et al.* Honeybee lifespan: the critical role of pre-foraging stage. **Royal Society open science**, v. 7, n. 11, p. 200998, 2020.
- PROCÓPIO, S. O. *et al.* Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* Mots.(Coleoptera: Curculionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, p. 1231-1236, 2003.
- RAJAGOPAL, S.; BROCKMANN, A.; GEORGE, E. A. Environment-dependent benefits of interindividual variation in honey bee recruitment. **Animal Behaviour**, v. 192, p. 9-26, 2022.
- RANKIN, E. E. W.; BARNEY, S. K.; LOZANO, G. E. Reduced water negatively impacts social bee survival and productivity via shifts in floral nutrition. **Journal of Insect Science**, v. 20, n. 5, p. 15, 2020.

- RASMUSSEN, C.; CAMERON, S. A. Global stingless bee phylogeny supports ancient divergence, vicariance, and long distance dispersal. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 99, n. 1, p. 206-232, 2010.
- ROUBIK, D. W. Seasonality in colony food storage, brood production and adult survivorship: studies of *Melipona* in tropical forest (Hymenoptera: Apidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, p. 789-800, 1982.
- RUEPPELL, O. *et al.* Regulation of life history determines lifespan of worker honey bees (*Apis mellifera* L.). **Experimental gerontology**, v. 42, n. 10, p. 1020-1032, 2007.
- SAKAGAMI, S. F.; HERMANN, H. R. **Social insects**. 1982.
- SIMÕES, D.; BEGO, L. R. Division of labor, average life span and life table in *Nannotrigona* (*Scaptotrigona*) *postica* Latreille (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). **Naturalia (São José do Rio Preto)**, v. 16, p. 81-97, 1991.
- SOARES, K. O. *et al.* Factors influencing the foraging behavior of *Trigona spinipes* (Apidae, Meliponinae). **Biological Rhythm Research**, v. 52, n. 7, p. 1109-1119, 2021.
- SOUTHWICK, E. E.; HELDMAIER, G. Temperature control in honey bee colonies. **Bioscience**, v. 37, n. 6, p. 395-399, 1987.
- SOUZA, B. S. *et al.* Monitoramento espacial do IVDN em três estados do Nordeste Brasileiro usando o sensor MODIS/AQUA. **Simpósio Internacional de Climatologia, Belém**, 2019.
- STUPSKI, S. D.; SCHILDER, R. J. Operative temperature analysis of the honey bee *Apis mellifera*. **Journal of Experimental Biology**, v. 224, n. 14, p. jeb231134, 2021.
- SUNG, I.-Hsin *et al.* Climatological influences on the flight activity of stingless bees (*Lepidotrigona hoozana*) and honeybees (*Apis cerana*) in Taiwan (Hymenoptera, Apidae). **Sociobiology**, v. 58, n. 3, p. 835-850, 2011.
- TERADA, Y.; GAROFALO, C. A.; SAKAGAMI, S. F. Age-survival curves for workers of two eusocial bees (*Apis mellifera* and *Plebeia droryana*) in a subtropical climate, with notes on worker polyethism in *P. droryana*. **Journal of Apicultural Research**, v. 14, n. 3-4, p. 161-170, 1975.
- WILLMER, P. **Pollination and floral ecology**. Princeton University Press, 2011.
- WILMS, W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ENGELS, W. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced Africanized honey bee on native stingless bees in the Brazilian Atlantic rainforest. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 31, n. 3-4, p. 137-151, 1996.
- WINSTON, M. L. **The biology of the honey bee**. harvard university press, 1991.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE NUTRICIONAL E A TOXICIDADE DE VEGETAIS NA DIETA ARTIFICIAL DAS ABELHAS CANUDO

RESUMO

A biodiversidade global está sob ameaça devido ao acesso restrito das abelhas aos recursos nutricionais, causado por mudanças na paisagem e períodos de seca, o que afeta a saúde das abelhas. No Brasil, onde há uma grande diversidade de abelhas, a criação de abelhas sem ferrão está crescendo, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, com ênfase na abelha canudo (*Scaptotrigona depilis*), uma abelha nativa. No contexto da Caatinga, torna-se crucial a busca por soluções, como a inclusão de extratos de plantas nativas na dieta das abelhas, para mitigar os impactos da escassez nutricional. Portanto, este estudo visa avaliar o potencial nutricional da vagem de algaroba, canafístula e sementes de gliricídia como suplementos alimentares para as abelhas canudos, considerando sua atratividade, composição físico-química, bromatológica e de toxicidade. As amostras das farinhas foram analisadas quanto aos parâmetros de teores de matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, carboidratos totais e açúcares redutores. Na sequência, realizou-se a avaliação de toxicidade, onde as abelhas foram confinadas em caixas de madeira a uma temperatura de 30°C e alimentadas com o suplemento fracionado (com associação de candy) em 0,25%, 0,50%, 0,75%, 1% e a testemunha alimentada com pasta candi. A avaliação da toxicidade foi feita avaliando o tempo de sobrevivência do inseto em cada unidade experimental. Ao analisar os resultados da semente de gliricídia, observa-se que esta possui o mais alto teor de matéria seca e conseqüentemente uma menor quantidade de umidade. Além disso, a semente apresenta níveis superiores de matéria orgânica e proteína bruta. As vagens de algaroba, é possível notar valores equilibrados em relação aos demais em sua composição, apresentando um bom percentual de proteína em relação à matéria seca. Os principais achados da canafístula incluem um teor relativamente alto de matéria mineral e de fibra, porém apresentou um menor teor de proteína em relação aos demais. Em relação à avaliação da toxicidade de abelhas alimentadas com vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia, revelou resultados promissores, destacando a algaroba como uma fonte alimentar mais favorável para as abelhas, seguida pela canafístula. Por outro lado, a gliricídia demonstrou toxicidade, especialmente nas concentrações de 0,75% e 1%. Esses achados sugerem que o potencial de inclusão de algaroba e canafístula na dieta das abelhas canudos pode ser uma estratégia eficaz para garantir sua nutrição e saúde, contribuindo para a conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: *Scaptotrigona depilis*. Saúde das Abelhas. Composição nutricional. Suplementação Vegetal.

NUTRITIONAL ANALYSIS AND TOXICITY OF VEGETABLES IN THE ARTIFICIAL DIET OF STRAW BEES

ABSTRACT

Global biodiversity is under threat due to bees' restricted access to nutritional resources, caused by landscape changes and periods of drought, which affect bee health. In Brazil, where there is a great diversity of bees, the breeding of stingless bees is growing, especially in the North and Northeast regions, with an emphasis on the straw bee (*Scaptotrigona depilis*), a native bee. In the context of the Caatinga, the search for solutions, such as the inclusion of native plant extracts in the bees' diet, to mitigate the impacts of nutritional scarcity becomes crucial. Therefore, this study aims to evaluate the nutritional potential of mesquite pods, canafistula and gliricidia seeds as dietary supplements for straw bees, considering their attractiveness, physicochemical, bromatological and toxicity composition. The flour samples were analyzed for the parameters of dry matter, mineral matter, organic matter, crude protein, ether extract, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, non-fibrous carbohydrates, total carbohydrates and reducing sugars. Next, a toxicity assessment was carried out, where the bees were confined in wooden boxes at a temperature of 30°C and fed with the fractionated supplement (with the association of candy) at 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1% and the control fed with candi paste. Toxicity assessment was carried out by evaluating the insect's survival time in each experimental unit. When analyzing the results of the gliricidia seed, it is observed that it has the highest dry matter content and consequently a lower amount of moisture. Furthermore, the seed has higher levels of organic matter and crude protein. In mesquite pods, it is possible to notice balanced values in relation to the others in their composition, presenting a good percentage of protein in relation to dry matter. The main findings of canafistula include a relatively high content of mineral matter and fiber, but it had a lower protein content compared to the others. Regarding the evaluation of the toxicity of bees fed with mesquite pods, canafistula and gliricidia seed, it revealed promising results, highlighting mesquite as a more favorable food source for bees, followed by canafistula. On the other hand, gliricidia demonstrated toxicity, especially at concentrations of 0.75% and 1%. These findings suggest that the potential inclusion of mesquite and canafistula in the diet of straw bees can be an effective strategy to guarantee their nutrition and health, contributing to the conservation of biodiversity.

Keywords: *Scaptotrigona depilis*. Bee Health. Nutritional composition. Vegetable Supplementation.

1. INTRODUÇÃO

A biodiversidade global enfrenta uma ameaça significativa devido ao acesso limitado das abelhas aos recursos nutricionais. Essa restrição é resultado das mudanças na utilização da paisagem, que causaram alterações na disponibilidade e diversidade desses recursos, como também em períodos de seca, quando a escassez de nutrientes se intensifica (Pereira, 2017; Parreño *et al.*, 2022). Tanto pesquisadores quanto meliponicultores destacam que a disponibilidade de forragem e o estresse nutricional representam dois desafios fundamentais para a saúde das abelhas (Bordier *et al.*, 2018; Vieira e Bendini, 2021).

As abelhas, como insetos herbívoros, têm adaptações comportamentais e fisiológicas para regular sua ingestão nutricional. Seu fornecimento principal de macronutrientes, como carboidratos, proteínas e lipídios, ocorre por meio do néctar floral e do pólen. O pólen desempenha um papel fundamental ao fornecer proteínas e lipídios, enquanto o néctar é a principal fonte de carboidratos (Nicolson *et al.*, 2007). Quando os recursos florais são limitado ou indisponível, as abelhas sofrem estresse nutricional, que pode resultar em perda populacional e diminuição da eficiência dos polinizadores (Kunc *et al.*, 2019). Segundo Morais e colaboradores (2013), o fornecimento de dietas suplementares de subsistência é uma maneira segura de fornecer proteínas as abelhas.

O Brasil, por sua vez, destaca-se pela notável diversidade de abelhas, abrigando uma significativa parcela da riqueza global desses insetos polinizadores. De acordo com dados de Michener (2007), existem conhecidas mundialmente 20.027 espécies de abelhas, sendo que 9,14% desse total, equivalente a 1.831 espécies, ocorrem no Brasil (Silveira *et al.*, 2002; Urban e Melo, 2007). Um importante grupo de visitantes de flores na floresta tropical seca brasileira são as abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini), um grupo altamente diversificado e abundante de abelhas eussociais com colônias perenes em regiões tropicais e subtropicais do globo, onde desempenham um papel central na a polinização de muitas espécies de plantas (Michener, 1974; Roubik, 1989).

Dentro das variedades de abelhas, a *Scaptotrigona depilis*, conhecida popularmente como "abelha canudo", é uma espécie sem ferrão que habita países sul-americanos, incluindo Paraguai, Argentina e Brasil (Camargo e Pedro, 2007). Essa espécie é endêmica da região Nordeste do Brasil e desempenha um papel fundamental no ecossistema da Caatinga, contribuindo para a polinização e o sucesso reprodutivo de várias espécies vegetais nativas (Cortopassi-Laurino *et al.*, 2006; Vale *et al.*, 2021).

A criação de abelhas sem ferrão vem ganhando destaque no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, devido ao surgimento de novas demandas (Vollet-Neto *et al.*, 2010; Silva, 2021). O uso de caixas racionais facilita o manejo, tornando a prática mais acessível (Vollet-Neto *et al.*, 2010). Além da produção de mel, as abelhas sem ferrão fornecem pólen, resina e cerume, ampliando as opções de aproveitamento dos recursos e impulsionando a comercialização de diversos subprodutos (Cristo, 2022).

A Caatinga, uma Floresta Tropical Seca localizada no Nordeste do Brasil, é conhecida por seu clima semiárido, caracterizado por temperaturas anuais elevadas e extensos períodos de seca. A quantidade média anual de precipitação varia de 240 a 1.500 mm, sendo que em cerca de metade dessa região, não ultrapassa os 700 mm (Prado, 2003; Andrade *et al.*, 2017). Além disso, a maior parte da chuva se concentra em apenas três a quatro meses consecutivos, resultando em um significativo déficit hídrico ao longo de grande parte do ano (Vasconcellos *et al.*, 2010; Andrade *et al.*, 2017).

O ambiente desafiador da Caatinga impõe às abelhas uma série de dificuldades, especialmente durante os prolongados períodos de seca que caracterizam essa região semiárida do Nordeste do Brasil. Diante desse desafio, a incorporação de extratos de plantas nativas e adaptadas à Caatinga na dieta das abelhas emerge como uma solução promissora. Ao introduzir esses elementos botânicos, espera-se mitigar os impactos da escassez, proporcionando às abelhas uma fonte adicional de nutrientes essenciais, mesmo durante os períodos críticos de seca.

Destacam-se, entre os vegetais, a algarobeira (*Prosopis juliflora*) é uma árvore da família das leguminosas, nativa das Américas e introduzida em várias regiões, incluindo o Brasil, para cultivos de forragem e madeira (Ribaski *et al.*, 2009). Suas vagens são utilizadas como ração animal devido aos altos teores de carboidratos, proteínas e amido (Ruiz-Nieto *et al.*, 2020). A canafístula (*Peltophorum dubium*), outra leguminosa, destaca-se no Brasil por seu rápido crescimento e amplo alcance geográfico. Seus frutos, com vagens samaróides, possuem propriedades laxantes, digestivas e hepatoprotetoras, além de atividades antimicrobianas e inseticidas (Guerra *et al.*, 1982; Basualdo e Soria, 1996; Carvalho, 2003; Salvat *et al.*, 2004; Hurrell *et al.*, 2011; Crovetto, 2012). A *Gliricidia sepium*, nativa das florestas tropicais da América Central, é cultivada em várias regiões, sendo reconhecida como forragem rica em proteína (Braga *et al.*, 2022; Grygier *et al.*, 2022).

O presente estudo tem como objetivo avaliar o potencial nutricional da vagem de algaroba, canafístula e sementes de gliricídia, para a utilização na alimentação

suplementar das abelhas canudos. A escolha desses vegetais foi embasada nos resultados obtidos a partir do teste de atratividade e na consideração de fatores nutricionais essenciais para as abelhas. O estudo incluiu análises físico-químicas, bromatológicas e de toxicidade *S. depilis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local da pesquisa

A pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios da Estação Experimental Ignácio Hernan Salcedo situado no Instituto Nacional do Semiárido (INSA – Campina Grande, Paraíba), situada na Mesorregião Geográfica do Agreste da Borborema do Nordeste Brasileiro, com condições climáticas locais características de semiaridez, no estado da Paraíba.

2.2 Obtenção e preparo da matéria-prima

Foram selecionadas dez amostras vegetais, sendo estas: folhas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), maniçoba (*Manihot esculenta*), moleque-duro (*Leucaena leucocephala*), feijão bravo (*Canavalia ensiformis*), malva branca (*Sida rhombifolia*), folha e semente de gliricídia (*Gliricidia sepium*); vagem de canafístula (*Peltophorum dubium*) e algaroba (*Prosopis juliflora*); e cladódios da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*), para compor o rank do teste de atratividade e posteriormente para dar continuidade às análises propostas nos objetivos.

As amostras foram obtidas no INSA e transportadas para o Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA), onde passaram por etapas para produção das farinhas das dez amostras. Foram dispostas em bandejas de polipropileno para a separação e eliminação de sujidades e descarte de amostras danificadas.

Em seguida, foi realizada a sanitização, utilizando solução clorada, por 15 minutos. Após esta etapa, as vagens foram dispostas em estufa de circulação de ar e submetidas a secagem por 72h a temperatura de 55°C. Após a secagem inicial as amostras foram trituradas em moinho de facas do tipo Willey com peneira de 0,25 mm O material obtido deste processo, foi peneirado e armazenado para a sua caracterização.

2.3 Composição físico-química bromatológica

As amostras das farinhas da semente de gliricídia, vagens de canafístula e algaroba foram analisadas quanto aos seguintes parâmetros: teores de matéria seca (MS; Método INCT-CA G-003/1), matéria mineral (MM; INCT-CA M-001/1), proteína bruta (PB; método INCT-CA N-001/1), extrato etéreo (EE) pelo método de Randall (INCT-CA G-005/1), fibra em detergente neutro (FDN; método INCT-CA F-002/1), fibra em detergente ácido (FDA; método INCT-CA F-004/1), conforme descrito no livro “Métodos para análises de alimentos” por Detmann *et al.* (2012).

O teor de matéria orgânica (MO), foi obtido por diferença entre a MS e a MM. Já para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CHOT) foram utilizadas as equações propostas por Mertens (1997) e Sniffen *et al.* (1992). Enquanto a quantificação dos Açúcares Redutores (AR) seguiu a metodologia descrita por Miller (1959).

2.3.1 Matéria Seca (MS)

A determinação da MS presente na farinha se deu através da pesagem em balança analítica do peso inicial das farinhas e em seguida as cápsulas contendo o resíduo foram levadas a estufa a 105°C até peso constante, resfriadas em dessecador e pesadas novamente. O MS presente nos resíduos foi determinado utilizando-se a equação 1.

$$\text{Eq. (1)} \quad \text{MS (\%)} = \frac{\text{peso da matéria seca} \times 100}{\text{peso inicial da amostra}}$$

2.3.2 Matéria Mineral (MM)

Os cadinhos de porcelana vazios foram colocados na mufla a 550°C durante duas horas, após esse tempo, foram transferidos para um dessecador até atingirem a temperatura ambiente e em seguida eles foram pesados em balança analítica. Posteriormente adicionou-se em cada cadinho 5g da farinha, e levou novamente para a mufla durante cinco horas para serem incinerados. Passada às cinco horas transferiu-se novamente os cadinhos para o dessecador até atingirem a temperatura ambiente e em seguida fez-se novamente a pesagem. A percentagem de MM presente nos resíduos foi determinada a partir da equação 2.

$$\text{Eq. (2)} \quad \text{MM (\%)} = \frac{\text{peso da matéria mineral} \times 100}{\text{peso inicial da amostra}}$$

2.3.3 Matéria Orgânica (MO)

O valor da MO é determinado sequencialmente à MS, é a porcentagem do peso seco da amostra que é perdido após a calcinação em forno mufla a 550°C.

$$\text{Eq. (3)} \quad \text{MO (\%)} = 100 - \text{MM}$$

2.3.4 Proteína Bruta (PB)

A quantificação de proteína proposta por Kjeldahl (1883), baseia-se na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra à 400° C com ácido sulfúrico P.A., em presença de sulfato de cobre como catalisador.

Para a etapa da digestão pesou-se de 0,3g da amostra e 0,5g do catalisador (90% sulfato de potássio e 10% de sulfato de cobre) em papel livre de nitrogênio (papel manteiga), em seguida adiciona-se às amostras 5mL de ácido sulfúrico P.A. Os tubos foram colocados em bloco digestor e aquecidos até 400°C, com aumento gradativo da temperatura em intervalos de 50°C a cada 30 minutos até que o conteúdo do tubo apresentasse coloração azul ou verde translúcido.

Para a etapa de destilação inicialmente adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína na mistura do tubo digestor e o acoplou ao destilador de nitrogênio. Em seguida, a amostra foi neutralizada com a adição de hidróxido de sódio- NaOH à 40%, sendo evidenciado pela mudança de coloração para marrom. Após a neutralização iniciou-se a destilação, na qual a amônia presente no tubo se despreendeu na forma de vapor que se condensou e foi coletada 25 mL do destilado em erlenmeyer contendo 25mL de ácido bórico (4%), 6 gotas de verde de bromocresol e 4 gotas de alaranjado de metila. Na titulação o borato de amônio foi neutralizado com uma solução de ácido clorídrico (HCl) a 1N até que a amostra passasse da coloração de verde para laranja. O teor de proteína é determinado pela equação 3.

$$\text{Eq. (4)} \quad \text{Proteína (\%)} = \frac{V \times f \times N \times 0,014 \times 6,25 \times 100}{MA}$$

Onde:

V = volume gasto de HCl em mL

f = fator de correção do HCl

N= concentração do HCl

0,014 = fator de conversão do nitrogênio

6,25 = fator de conversão para proteína

MA = massa da amostra

2.3.5 Extrato Etéreo (EE)

Foi colocado a bolsa de filtro (TNT) no suporte para pesagem previamente tarado, adicionado 2g de amostra (P1), posteriormente a bolsa foi selada e levada para secar em estufa a $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, por três horas. Foi retirado da estufa, deixado trinta minutos, até atingir a temperatura ambiente, dentro de um dessecador e pesado (P2).

Posteriormente foi encaixado a bolsa de filtro com a amostra no suporte e inserido no recipiente de Teflon do extrator. Foi fechado o equipamento, selecionar o tempo de extração (60 minutos), a temperatura (90°C). Ao término da extração, foi secada a bolsa de filtro com a amostra por 30 minutos em estufa a $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Ao retirar da estufa, foi levado para dessecar por 30 minutos e pesado (P3).

$$\text{Eq. (5)} \quad \text{EE (\%)} = \frac{(\text{P2} - \text{P3}) \times 100}{\text{P1}}$$

Onde:

P1: peso da amostra (g);

P2: peso pré-seco da amostra com a bolsa de filtro (g);

P3: peso da amostra com a bolsa de filtro após a extração (g).

Para o valor de %EE corrigido pela matéria seca (%EEc) foi dividido o resultado pela %MS e multiplicado por 100:

$$\text{Eq. (6)} \quad \text{EEc (\%)} = \frac{\%EE \times 100}{\%MS}$$

2.3.6 Fibra Em Detergente Neutro (FDN) e Fibra Em Detergente Ácido (FDA)

Para o método com uso da Autoclave (Detmann *et al.*, 2012), os sacos foram confeccionados em TNT, com dimensões 5x4 cm, secos em estufa a 105°C por três horas, pesados e identificados à lápis. Foram pesados 0,5g de amostra em cada saco e selados posteriormente. Em seguida, cada saquinho foi colocado em pote de plástico com capacidade de 80 mL, tipo coletor para exame, contendo 50 mL de solução e levados à autoclave em 0,5 ATM, durante uma hora (contada após chegar à pressão desejada).

Após este processo, os sacos com resíduo foram lavados três vezes com água destilada aquecida e, em seguida, lavados com acetona por duas vezes em béquer. Os sacos com resíduo de FDN ou FDA foram secos em estufa a 105°C, por três horas, colocados em dessecador até esfriar e, em seguida, foram obtidos os respectivos pesos.

Para os três métodos adotados foi considerada a proporção de amostra e solução recomendada para o método original de Van Soest (1963) e Van Soest e Wine (1967), respectivamente para FDN ou FDA, ou seja, para cada 1,0 g de amostra, foram utilizados 100 mL de solução. Os cálculos para obtenção da fibra (FDN ou FDA), amostra seca ao ar (ASA), foram realizados segundo a fórmula:

$$\text{Eq. (7)} \quad \text{FDN ou FDA (\% na ASA)} = \frac{(P2 - P3) \times 100}{P1}$$

Onde:

P1 = peso da amostra, em g;

P2 = peso da tara + resíduo, em g;

P3 = peso da tara, em g.

OBS.: tara = saco de TNT.

Em seguida, a % de FDN ou FDA na ASA foram corrigida para matéria seca (MS), segundo a fórmula:

$$\text{Eq. (8)} \quad \text{FDN ou FDA (\% na MS)} = (\%F \div \%ASE) \times 100$$

2.3.7 Carboidratos não Fibrosos (CNF)

Neste contexto, os teores de CNF foram obtidos de maneira indireta pela equação:

$$\text{Eq. (9)} \quad \text{CNF} = 100 - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

2.3.8 Carboidratos Totais (CHOT)

Posteriormente o valor de CHOT foi calculado com base nos valores da seguinte equação:

$$\text{Eq. (10)} \quad \text{CHOT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

2.3.9 Açúcares Redutores (AR)

A concentração de AR foi determinada seguindo a metodologia descrita por Miller (1959), que consiste na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico a 3-amino-5-nitrosalicílico (DNS) e na oxidação simultânea do grupo aldeído do açúcar a grupo carboxílico.

Inicialmente, foi realizado o preparo da solução padrão de glicose a 1,0 g/L e do reagente DNS para obter a curva padrão de AR. Para a determinação da curva padrão, foi plotado no Excel, onde a concentração de glicose (g/L) está no eixo Y e a absorbância (ABS) obtida com o teste de DNS está no eixo X. Obteve-se a seguinte equação da reta:

$$\text{Eq. (11)} \quad \text{AR(g/L)} = 2,2198 * \text{ABS} + 0,2967$$

$$R^2 = 0,9989$$

Para o preparo da amostra pesou-se separadamente aproximadamente 0,5g das farinhas de cada amostra, adicionou-se 100mL de água destilada que se manteve sob agitação durante 30 minutos, em seguida o material foi filtrado com auxílio de papel filtro. Transferiu-se 1mL do filtrado para tubos de ensaios, adicionou-se 1mL da solução DNS e foram dispostos em banho-maria por 5 minutos a uma temperatura de 100°C.

Após a etapa de aquecimento, os tubos foram resfriados por 5 minutos em banho de gelo e em seguida foi feita a leitura da absorbância em espectrofotômetro com comprimento de 540nm, após zerar o aparelho com o branco. É importante salientar que as amostras foram diluídas convenientemente, de modo que sua concentração seja, no máximo, 3,0 g/L. A partir da equação da reta, foi calculado a concentração de AR na

amostra, foi considerado nos cálculos as diluições efetuadas na amostra, multiplicando o resultado por esse fator.

2.4 Avaliação da toxicidade da *Scaptotrigona depilis*

Para os testes de toxicidade foram coletadas abelhas campeiras da espécie *S. depilis*, foram utilizadas as farinhas das vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia nas concentrações de 0,25%, 0,50%, 0,75% e 1%, no qual foi associando a pasta candi (pasta de açúcar e mel), e mais um grupo controle de abelhas alimentadas apenas com pasta candi. Para ambos os testes, as abelhas capturadas foram mantidas em gaiolas de madeira, com 11 cm de comprimento, 11 cm de largura e 7 cm de altura, para cada gaiola foram colocadas 20 abelhas.

A parte superior fechada por uma lâmina de vidro para facilitar a observação das abelhas. As laterais das gaiolas apresentavam duas aberturas, uma vedada por uma tela de nylon para propiciar a entrada de ar e a outra por uma estrutura metálica em forma de cone utilizada para proporcionar conforto na circulação de ar no confinamento das abelhas.

O experimento foi realizado a uma temperatura de $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 5\%$. Este método representa uma abordagem primária para observar a longevidade. O experimento foi conduzido em um delineamento em blocos casualizados com três repetições.

A quantidade de abelhas mortas foi registrada a cada 24h. A análise de sobrevivência das abelhas foi realizada através de uma metodologia descrita por Motulsky (1995), onde se utiliza o método de Kaplan-Meier com a obtenção de curvas de sobrevivência através do software RStudio (2023.06.2) com aplicação do teste não paramétrico Log-Rank Test na comparação das curvas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Físico-Química e Bromatológica

A farinha das vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*), canafístula (*Peltophorum dubium*) e da semente de gliricídia (*Gliricidia sepium*) apresentou os parâmetros listados na Tabela 2. Conforme evidenciado na tabela, é observada uma variação na composição, uma característica comum entre as diferentes espécies vegetais (Enquist *et al.*, 2015).

Tabela 2. Análise de composição físico-química e bromatológica das vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia

Amostra	MS (%)	MO (%)	MM (%)	PB (%)	EE (%)	FDN (%)	FDA (%)	CNF (%)	CHOT (%)	AR mg/100g
Algaroba	88,15	95,92	4,08	12,15	3,77	34,05	20,56	45,95	81,00	10,18
Canafístula	88,03	92,55	7,45	10,90	2,84	45,09	32,12	33,72	78,81	20,25
Gliricídia	95,16	96,08	3,92	22,90	3,70	38,20	27,75	31,28	69,48	7,20

Legenda: AR: Açúcar Redutor; CHOT: Carboidratos Totais; CNF: Carboidratos Não Fibrosos; EE: Extrato Etéreo; FDA: Fibra em Detergente Ácido; FDN: Fibra em Detergente Neutro; MM: Matéria Mineral; MO: Matéria Orgânica; MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta

Fonte: autora (2024)

O consumo de alimentos é fundamental para o organismo, por determinar o nível de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, a resposta animal. Ao analisar os resultados da semente de gliricídia, observa-se que esta possui o mais alto teor de MS e conseqüentemente uma menor quantidade de umidade. Além disso, a semente possui níveis superiores de matéria orgânica e proteína bruta. Conforme ressaltado por Carvalho Filho *et al.* (1997) em sua pesquisa, a espécie demonstra uma média de 20,7% de proteína bruta em sua composição bromatológica. Ademais, Huston *et al.* (1988) menciona que o consumo de MS pode ser influenciado pelo nível de proteína da dieta.

Durante sua pesquisa sobre a produção de massa forrageira e a qualidade nutricional da gliricídia, Andrade e Lima (2013) identificaram um teor de PB de 26,87%, o qual superou todos os valores mencionados neste estudo. Em consonância, Edvan *et al.* (2013), ao avaliarem a composição bromatológica da gliricídia *in natura*, observaram um valor semelhante de PB, registrando 25,85%.

A análise de composição bromatológica da vagem da canafístula revelou maiores teores de MM, FDN, FDA e AR. Brys e col. (2021) evidencia que minerais, juntamente com proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas e água, constituem os componentes fundamentais na alimentação das abelhas, influenciando na longevidade dos indivíduos.

Herbert Jr. e Shimanuki (1978) analisaram pão de abelha e pólen de sete locais diferentes em relação a vários componentes, incluindo umidade, proteína, AR, lipídios, cinzas, amido, pH, pectinas e fibra bruta. Eles observaram que os níveis de proteína, umidade e lipídios não apresentaram grandes diferenças entre o pólen e o pão de abelha. O pão de abelha apresentou níveis mais elevados de AR em comparação com o pólen,

assim como a fibra. Enquanto as MM no pão de abelha eram encontradas em níveis mais baixos do que no pólen.

O pólen das flores, coletado pelas abelhas campeiras nas primeiras horas do dia, é levado de volta à colmeia para ser estocado e compactado. Durante a coleta e armazenagem, o pólen passa por alterações físicas e químicas devido a processos fermentativos. Quando armazenado nos favos, ele é reconhecido como "pão de abelha". Este composto é fundamental como principal alimento para larvas e adultos, sendo sua ausência um fator limitante para o desenvolvimento da colmeia (Di Cagno *et al.*, 2019).

O "pão de abelha" difere do pólen em sua forma e composição após as transformações ocorridas durante o processo de coleta e armazenamento. Além do pólen, o "pão de abelha" contém néctar, mel, geléia real e microrganismos que produzem enzimas essenciais para o metabolismo de lipídeos, proteínas e carboidratos. Essa diferenciação é crucial, pois a alimentação adequada das colônias com o "pão de abelha" está diretamente relacionada à produção de cera e geléia real, influenciando assim o desenvolvimento saudável da colmeia (Brodschneider e Crailsheim, 2010; Di Cagno *et al.*, 2019).

Thakur e Nanda (2020) observam em seu estudo que a percentagem dos principais componentes nutricionais, especialmente hidratos de carbono e gorduras, é comparativamente pequena. No entanto, a fibra bruta e a proteína podem contribuir significativamente, representando até 60% e 70% da ingestão diária recomendada, respetivamente, com base na fonte floral e na localização. Além disso, a ingestão diária de 50g de pólen de abelha é suficiente para fornecer todas as vitaminas essenciais, com exceção da piridoxina e ácido pantotênico, e minerais, cálcio, atendendo a mais de 50% das necessidades da ingestão diária recomendada em humanos.

Ao analisar as vagens de algaroba, é possível notar valores equilibrados em relação aos demais em sua composição bromatológica, apresentando um bom percentual de proteína em relação à MS. Melo *et al.* (2019) reportaram uma proteína bruta de 10,80%, enquanto Silva *et al.* (2010) encontrou 12,40% de proteína, e vale ressaltar que a está análise revelou um teor de proteína de 12,15%.

Em relação aos CNF, assim como nos ruminantes, onde a fibra e os CNF desempenham papéis cruciais, para as abelhas, a coleta e processamento de néctar também envolvem aspectos semelhantes. O néctar, rico em carboidratos não fibrosos, representa uma fonte essencial de energia para as abelhas, especialmente na produção de mel. No entanto, assim como a digestibilidade da fibra influencia a utilização de

nutrientes em ruminantes, a qualidade e tipo de néctar coletado pelas abelhas podem afetar a produção e a qualidade do mel (Hoover e Miller-Webster, 2000; Paoli *et al.*, 2014). Os açúcares presentes no néctar, classificados como CNF, fermentam rapidamente, influenciando o pH. Essa fermentação rápida pode impactar a produção de mel, influenciando suas características químicas e físicas (Owens e Goetsch, 1988; Lee *et al.*, 2015).

No estudo Valadares Filho (2015), a vagem de algaroba exhibe valores próximos dos encontrados, destacando-se 95,78% de MO, 87,53% de MS, 9,61% de PB, 1,63% de EE, 3,8% de MM e 84,96% de carboidratos totais. O CHOT engloba todos os carboidratos presentes na alimentação, tanto fibrosos quanto não fibrosos.

Segundo a análise abrangendo mais de 100 estudos, o pólen de abelha apresenta, em média, os seguintes teores percentuais: 54,22% (intervalo de 18,50% a 84,25%) de carboidratos, 21,30% (4,50% a 40,70%) de proteínas, 5,31% (0,41% a 13,50%) de lipídios, 8,75% (0,15% a 31,26%) de fibra, 2,91% (0,50% a 7,75%) de cinzas. Além disso, foram registrados valores específicos por 100g de pólen, como 13,41g (intervalo de 2,77g a 28,49g) de glicose, 15,36g (4,9g a 33,48g) de frutose e 4,25g (0,05g a 9,02g) de sacarose (Thakur e Nanda, 2020).

Ao analisar os resultados dos AR em diferentes amostras, observamos variações significativas nas concentrações. A canafístula, por sua vez, apresentou um teor de AR de 20,25 mg/100g, indicando uma concentração mais elevada de compostos redutores em comparação com a algaroba e a gliricídia com a menor concentração em relação as demais, esses valores podem variar de acordo com as condições de maturação do fruto e parte da planta. Medeiros (2020) mensurou valores inferiores de AR de vagens de algaroba 8,08 (mgAR/100g de farinha).

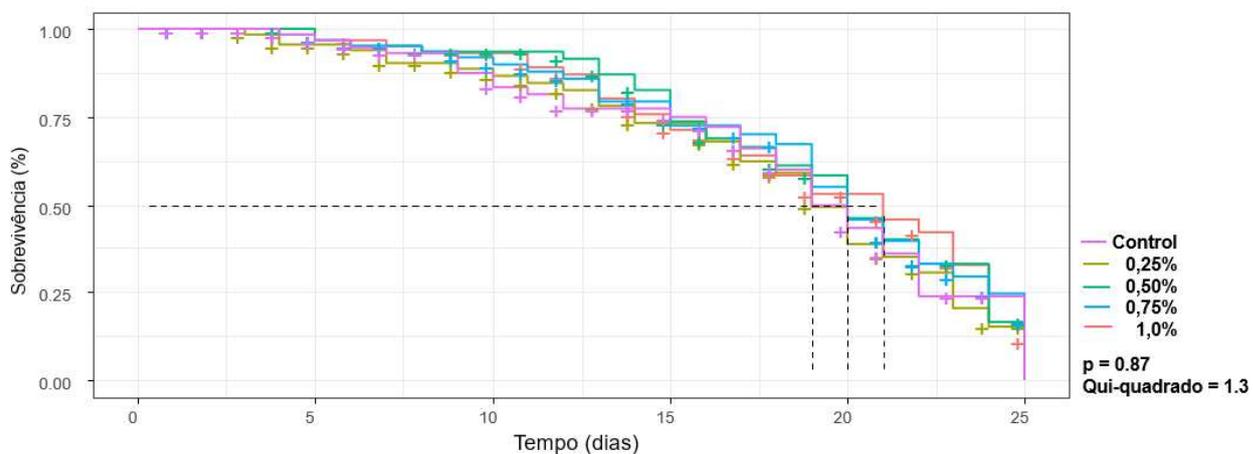
Em síntese, é crucial manter um equilíbrio adequado desses componentes na dieta das abelhas para garantir seu crescimento, reprodução e produção eficiente de mel e outros produtos. O conhecimento detalhado das necessidades nutricionais das abelhas é vital para apoiar a saúde da colônia e maximizar a sua produção, contribuindo assim para a sustentabilidade, preservando a vitalidade dos ecossistemas e a diversidade das espécies vegetais.

3.2 Avaliação da toxicidade de abelhas alimentadas por vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia

As abelhas operárias forrageiras desempenham um papel crucial ao coletar néctar, pólen, água e própolis para atender às necessidades de uma colônia. Enquanto exploram extensas áreas em busca de alimento, as abelhas alimentam-se de diversas plantas de natureza variada. No entanto, essas fontes de alimento nem sempre são completamente puras, podendo ocasionalmente conter diferentes produtos químicos e derivados de plantas com potencial tóxico (Kumar; Singh; Nagarajaiah, 2020), o que justifica, a necessidade de se intensificar pesquisas sobre nutrição desses insetos e avaliar a toxicidade.

No resultado da avaliação da toxicidade das abelhas alimentadas com vagens de algaroba (Figura 11), canafístula (Figura 12) e semente de gliricídia (Figura 13), é possível observar diferenças significativas entre os grupos, conforme evidenciado pelos valores de p e qui-quadrado. O teste utilizado foi o Log-Rank, comumente empregado para comparar as curvas de sobrevivência entre diferentes grupos. Foram avaliadas as comparações entre diferentes concentrações de alimentos (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1%) e o grupo controle (candi), ao longo de um período de 25 dias de sobrevivência, script para curvas de sobrevivência disponível no Apêndice D.

Figura 11. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de vagem de algaroba



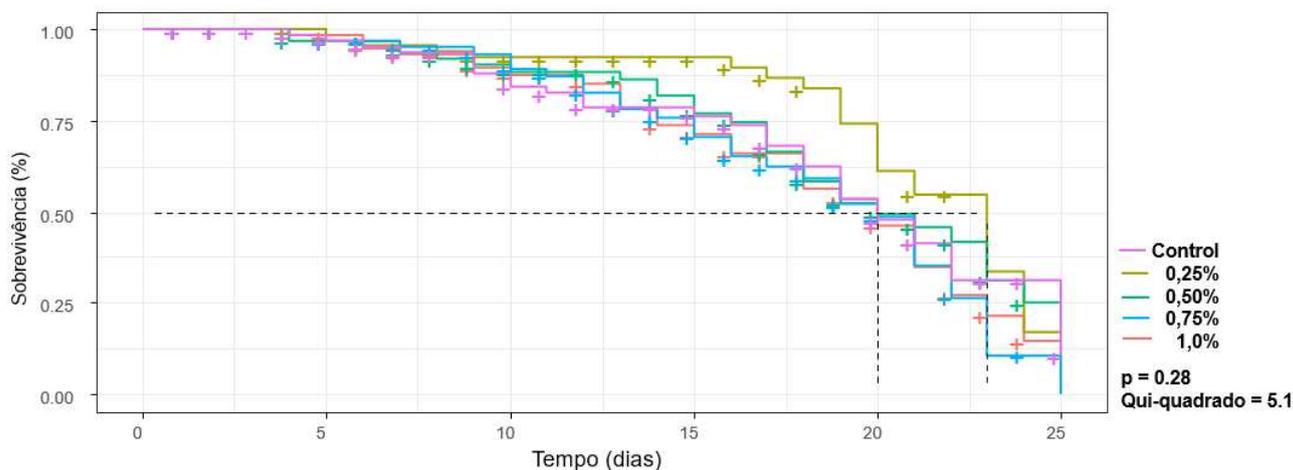
Conforme evidenciado pelo Figura 11, a análise estatística da vagem de algaroba revela a inexistência de diferenças significativas entre os grupos testados em relação ao grupo controle. O elevado valor de p (0,87) sugere a ausência de diferenças significativas

na toxicidade entre as abelhas alimentadas com a vagem de algaroba e o grupo de controle. Além disso, o qui-quadrado relativamente baixo (1,3) indica uma discrepância mínima entre os grupos.

Medeiros (2020) e Pereira *et al.* (2007) conduziram avaliações sobre o possível efeito tóxico em abelhas africanizadas ao serem alimentadas com farinha de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*). Ambos concluíram que esse alimento não interferiu no tempo de vida das abelhas. Pereira *et al.* (2007) destacaram como um produto com potencial nutritivo significativo em relação à proteína bruta, apresentando valores médios de 9%. Isso sugere a viabilidade de aprimorar suas propriedades nutricionais para atingir níveis ótimos de proteínas necessários para abelhas. Segundo Azevedo-Benitez e Nogueira-Couto (1998), o desenvolvimento ideal das colônias ocorre quando se fornece uma dieta com 20% de proteína bruta.

Para a análise da vagem de canafístula (Figura 12), o valor de $p = 0.28$, o que aponta para a ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Em relação ao qui-quadrado (5.1), o valor indica uma diferença entre os grupos em comparação com a vagem de algaroba, embora essa tendência não atinja a significância estatística estabelecida ($p < 0.05$).

Figura 12. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de vagem de canafístula



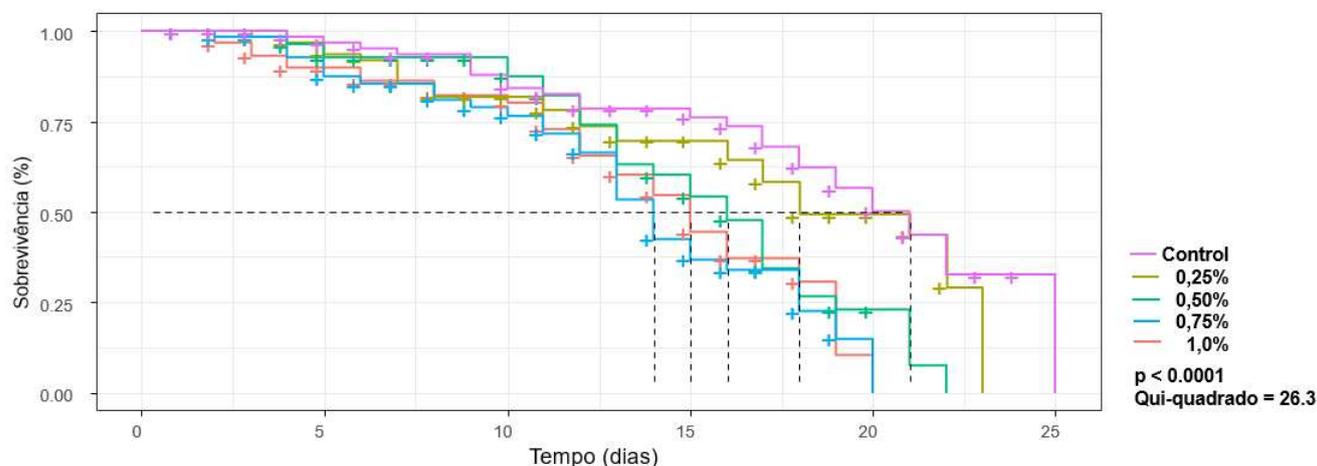
Fonte: autora (2024)

No estudo conduzido por Santos *et al.* (2011) foi avaliado a visitação de abelhas na canafístula (*Peltophorum dubium*), revelando preferência pela planta. A pesquisa destacou um horário de forrageio mais proeminente entre as 7h e as 14h, indicando uma

atividade intensa de abelhas durante o período diurno, com a exceção da abelha *Apis mellifera*, a pesquisa também enfatizou a importância da polinização da canafístula.

Na análise da semente de gliricídia (Figura 13), o valor de p é muito baixo (< 0.0001), indicando que há diferenças significativas na sobrevivência entre as abelhas alimentadas com a semente de gliricídia nas concentrações (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1%) e o grupo de controle. O qui-quadrado apresenta-se elevado (26.3), apontando uma divergência significativa entre os grupos, indicando um impacto mais pronunciado na toxicidade das abelhas alimentadas com semente de gliricídia. Isso sugere que a semente de gliricídia tem um efeito significativo na toxicidade nas concentrações (0,25%, 0,50%, 0,75% e 1%), para as abelhas em comparação com o grupo controle e as outras fontes alimentares testadas.

Figura 13. Comparação pelo Teste Log-Rank para todos os tratamentos de toxicidade de abelhas alimentadas com o suplemento a base de semente de gliricídia



Fonte: autora (2024)

Vários estudos examinaram a interação entre abelhas e as flores de *G. sepium*. Por exemplo, Janzen (1983) identificou a abelha *Xylocopa fimbriata* F. como o principal polinizador das flores rosa e do néctar gliricídia. Uma pesquisa realizada por Aluri e Subba Reddi em 1996, na Índia, analisou os visitantes florais da *G. sepium*, identificando quatro espécies de abelhas polinizadoras, como *Xylocopa latipes*, *X. pubescens*, *Ceratina sp.* e *Trigona sp.* Além disso, classificaram abelhas grandes como polinizadoras regulares e abelhas pequenas como polinizadoras incidentais, pois as flores de *G. sepium* não são adequadas para abelhas pequenas.

Em outro estudo, os pesquisadores utilizaram o extrato metanólico das folhas para avaliar seus efeitos tóxicos, sua atividade antialimentar e sua capacidade de regular o crescimento de três tipos de insetos pertencentes à família Noctuidae. Os resultados demonstraram que a administração do extrato influenciou o desenvolvimento dos insetos, levando à substituição da formação de estágios intermediários, como larvas, pupas e adultos deformados. Além disso, certas doses do extrato apresentaram efeitos anorexígenos, causando uma redução no apetite (Parvathi e Jamil, 1999).

Em uma investigação associada, também foram investigados os extratos de folhas da *G. sepium* contra o mosquito *Aedes aegypti*, evidenciando um efeito inibitório no crescimento de larvas atribuído a compostos ativos, incluindo terpenóides, saponinas e esteroides, concluindo que os resultados foram positivos para o combate a doenças transmitidas por mosquitos (Krishnaveni *et al.*, 2015).

Vale ressaltar que neste estudo foi investigado os riscos associados ao consumo da semente de gliricídia em condições específicas das abelhas. Segundo Rother *et al.* (2009), a toxicidade associada aos produtos químicos presentes se manifesta quando um animal consome esse alimento de maneira predominante, o que tende a acontecer mais frequentemente em situações de falta de outras opções alimentares, como durante períodos de seca, quando as opções de alimentos podem ser limitadas.

4. CONCLUSÃO

A redução dos recursos nutricionais dos vegetais está entre os principais fatores responsáveis pelos declínios na riqueza e abundância de espécies de abelhas, portanto o entendimento da nutrição desses insetos é crucial para a implementação de medidas precisas e direcionadas visando à proteção e restauração das populações de abelhas, assim como na polinização da Caatinga.

Ao examinar a semente de gliricídia, observamos que sua elevada concentração de matéria seca e baixo teor de umidade a tornam uma fonte rica em nutrientes, com destaque para níveis superiores de matéria orgânica e proteína bruta. A análise da vagem da canafístula evidencia sua composição, com maiores teores principalmente de minerais e fibras. Enquanto a análise das vagens de algaroba revela valores equilibrados, com teores significativos de proteína.

Em relação a avaliação da toxicidade de abelhas alimentadas por vagens de algaroba, canafístula e semente de gliricídia revelou resultados promissores, destacando

a algaroba como uma fonte alimentar favorável para as abelhas. Por outro lado, a gliricídia demonstrou toxicidade, especialmente nas concentrações de 0,75% e 1%.

Com base nessas descobertas, a vagem de algaroba se destaca como o alimento mais promissor em termos de nutrientes e baixa toxicidade para abelhas nativas. No entanto, é importante ressaltar que esta pesquisa representa apenas um primeiro passo. Recomenda-se, portanto, a realização de estudos adicionais que investiguem a toxicidade em concentrações mais elevadas tanto da algaroba quanto da canafístula, visando otimizar o teor de proteínas para o desenvolvimento de um produto. Enquanto a semente de gliricídia pode possuir propriedades promissoras no combate a doenças causadas por insetos, como mosquitos, e no controle de pragas, abre caminho para pesquisas adicionais nessa área.

REFERÊNCIAS

- ALURI, R. J. S.; SUBBA REDDI, C. Floral biology and pollination in *Gliricidia sepium* (Fabaceae). **Journal of Nature Conservation**, v. 8, p. 65-67, 1996.
- ANDRADE, E. M. *et al.* Water as capital and its uses in the Caatinga. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**, p. 281-302, 2017.
- ANDRADE, R. R.; Lima, N. R. S. Análise da qualidade fisiológica e sanitária das sementes de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud.). **Cadernos de Graduação – Ciências Biológicas e da Saúde**, Aracaju, v. 1, n. 17, p. 135-146, 2013.
- AZEVEDO-BENITEZ, A. L. G.; Nogueira-Couto, R. H. Estudo de algumas dietas artificiais visando à produção de geléia real em colônias de *Apis mellifera*. **Encontro Sobre Abelhas**, v. 3, p. 227-230, 1998.
- BASUALDO, I.; SORIA, N. Farmacopea herbolaria paraguaya: especies de la medicina folklórica utilizadas para combatir enfermedades del aparato respiratorio (Parte i). **Rojasiana**, v. 3, n. 2, p. 197-238, 1996.
- BORDIER, C. *et al.* Stress decreases pollen foraging performance in honeybees. **Journal of Experimental Biology**, v. 221, n. 4, p. jeb171470, 2018
- BRAGA, Í. O. *et al.* Deep Untargeted Metabolomics Analysis to Further Characterize the Adaptation Response of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. to Very High Salinity Stress. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 869105, 2022.
- BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v.41, p.278-294, 2010.

- BRYŚ, M. S.; SKOWRONEK, P.; STRACHECKA, A. Pollen Diet—Properties and Impact on a Bee Colony. **Insects**, v. 12, n. 9, p. 798, 2021.
- CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. *Meliponini lepeletier*, 1836. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical region**, p. 272-578, 2007.
- CARVALHO FILHO, O. M.; DRUMOND, M. A.; LANGUIDEY, P. H. *Gliricidia sepium* : leguminosa promissora para regiões semi-áridas. 1997.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informações Tecnológica: Colombo: Embrapa Floresta, p. 627, 2003.
- CORTOPASSI-LAURINO, M. *et al.* Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 275-292, 2006.
- CRISTO, E. **Abelhas sem ferrão-maravilha de Deus: meliponicultura**. Editora Bibliomundi, 2022.
- CROVETTO, R. N. M. Estudios etnobotánicos V. Nombres de plantas y su utilidad según los mbya guaraní de Misiones, Argentina. **Bonplandia**, p. 109-133, 2012.
- DETMANN, E. *et al.* Métodos para análise de alimentos. **Visconde do Rio Branco: Suprema**, v. 214, 2012.
- DI CAGNO, R. *et al.* Novel solid-state fermentation of bee-collected pollen emulating the natural fermentation process of bee bread. **Food microbiology**, v. 82, p. 218-230, 2019.
- EDVAN, R. L., *et al.* Perdas e composição bromatológica de silagem de gliricídia contendo diferentes níveis de vagem de algaroba. **Revista Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 7, n. 2, p. 63-68, 2013.
- ENQUIST, B. J. *et al.* Scaling from traits to ecosystems: developing a general trait driver theory via integrating trait-based and metabolic scaling theories. In: **Advances in ecological research**. Academic Press, p. 249-318, 2015.
- GRYGIER, A. *et al.* Seven underutilized species of the Fabaceae family with high potential for industrial application as alternative sources of oil and lipophilic bioactive compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 186, p. 115251, 2022.
- GUERRA, M. P. *et al.* Comportamento da canafístula (*Peltophorum dubium* (Sprengel) Taubert) em viveiro, submetida a diferentes métodos de quebra de dormência e semeadura. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v. 5, p. 1-18, 1982.
- HERBERT JR, E. W.; Shimanuki, H. Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen. **apudologie**, v. 9, n. 1, p. 33-40, 1978.

- HOOVER, W. H.; MILLER-WEBSTER, T. K. The role of soluble carbohydrates in ruminant nutrition. In: **Proceedings of the California Animal Nutrition Conference**, p. 10-11, 2000.
- HURRELL, J. A. *et al.* Leguminosas medicinales y alimenticias utilizadas en la conurbación Buenos Aires-La Plata, Argentina. 2011.
- HUSTON, J. E.; ENGDAHL, B. S.; BALES, K. W. Intake and digestibility in sheep and goats fed three forages with different levels of supplemental protein. **Small Ruminant Research**, v. 1, n. 1, p. 81-92, 1988.
- JANZEN, D. H. Historia Natural de Costa Rica. Chavarría M. (trans). **Editorial de la Universidad de Costa Rica**, San José, Costa Rica, 1991, p. 822. (Original work published). 1983.
- KJELDAHL, C. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. **Z Anal Chem**, v. 22, p. 366, 1883.
- KRISHNAVENI, K. V *et al.* Effect of *Gliricidia sepium* leaves extracts on *Aedes aegypti*: Larvicidal activity. **Journal of Phytology**, v. 7, p. 26-31, 2015.
- KUMAR, G.; SINGH, S.; NAGARAJAIAH, R. P. K. Detailed review on pesticidal toxicity to honey bees and its management. **Modern beekeeping-bases for sustainable production**, 2020.
- KUNC, M. *et al.* The year of the honey bee (*Apis mellifera L.*) with respect to its physiology and immunity: A search for biochemical markers of longevity. **Insects**, v. 10, n. 8, p. 244, 2019.
- LEE, F. J. *et al.* Saccharide breakdown and fermentation by the honey bee gut microbiome. **Environmental microbiology**, v. 17, n. 3, p. 796-815, 2015.
- MEDEIROS, A. C. **Cultivo microbiano de *Saccharomyces cerevisiae* em frutos de algarobeira e sua aplicação como suplemento proteico em abelhas africanizadas**. 2020. Tese de Doutorado em PPGEP - Universidade Federal de Campina Grande, 2020.
- MELO, M. F. A. **Valor nutritivo da silagem de sorgo com adição de vagens de algaroba**. 2019. Dissertação de Mestrado em PPGCA - Universidade Federal Do Piauí, 2019.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1463-1481, 1997.
- MICHENER, C. D. **The bees of the world**. JHU press, 2000.
- MICHENER, C. D. **The social behavior of the bees: a comparative study**. Harvard University Press, 1974.

- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- MORAIS, M.; TURCATTO, A.; A. PEREIRA, R.; FRANCOY, T.; GUIDUGLI-LAZZARINI, K.; GONÇALVES, L.; ALMEIDA, J.; ELLIS, J.; JONG, D. Protein levels and colony development of Africanized and European honey bees fed natural and artificial diets. **Genetics and molecular research: GMR**, v. 12, p. 6915-22, 2013.
- NICOLSON, S. W. *et al.* (Ed.). **Nectaries and nectar**. Dordrecht: Springer, 2007.
- OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L.; Church, D. C. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. **Church D C-Waveland Press Inc Illinois**, p. 145-171, 1988.
- PAOLI, P. P. *et al.* Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. **Amino acids**, v. 46, p. 1449-1458, 2014.
- PARREÑO, M. A. *et al.* Critical links between biodiversity and health in wild bee conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 37, n. 4, p. 309-321, 2022.
- PARVATHI, K.; JAMIL, K. Toxic, growth-inhibitory and antifeedant activity of *Gliricidia sepium* Jacq. leaf extract against *Dysdercus koenigii* Fabricius, *Achaea janata* Linnaeus and *Spodoptera litura* Fabricius. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 19, n. 2-3, p. 217-222, 1999.
- PEREIRA, F. M. *et al.* Efeito tóxico de alimentos alternativos para abelhas *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, v. 37, p. 533-538, 2007.
- PEREIRA, J. S. **A redução na disponibilidade de recursos florais aumenta o tempo de forrageamento de abelhas sem ferrão (*Melipona subnitida*, Apidae, Meliponini)**. Dissertação em PPEC - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2017.
- PRADO, D. E. *et al.* As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**, v. 2, p. 3-74, 2003.
- RIBASKI, J., DRUMOND, M. A., OLIVEIRA, V. R., NASCIMENTO, C. E. S. **Algaroba (*Prosopis juliflora*): árvore de uso múltiplo para a região semiárida brasileira**. Colombo, EMBRAPA, p. p. (Comunicado técnico), 2009.
- ROTHER, D. C. *et al.* Suscetibilidade de operárias e larvas de abelhas sociais em relação à ricinina. **Iheringia**, v.99, n.1, p.61-65, 2009.
- ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge University Press, 1992.
- RUIZ-NIETO, J. E. *et al.* Mesquite (*Prosopis spp.*) tree as a feed resource for animal growth. **Agroforestry Systems**, v. 94, n. 4, p. 1139-1149, 2020.

- SALVAT, A. *et al.* Antimicrobial activity in methanolic extracts of several plant species from northern Argentina. **Phytomedicine**, v. 11, n. 2-3, p. 230-234, 2004.
- SANTOS, M. L. *et al.* Bee visitors (Hymenoptera: Apidae) of *Peltophorum dubium* (Leguminosae-Caesalpinoideae). **Sociobiology**, v. 58, n. 3, p. 801-818, 2011.
- SILVA, E. I. C. **Criação e Manejo da Abelha Uruçu Nordestina**. Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2021.
- SILVA, J. G. M *et al.* Cactáceas nativas associadas a fenos de flor de seda e sabiá na alimentação de borregos. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 123-129, 2010.
- SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. 2002.
- SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of animal science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- THAKUR, M.; NANDA, V. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 82-106, 2020.
- URBAN, D.; MELO, G. A. R. **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the neotropical region**. Sociedade Brasileira de Entomologia, Curitiba, Brasil. p. 1058, 2007.
- VALADARES FILHO, S.C. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Bovinos**. UFV. 2015. Disponível em: <www.ufv.br/cqbal>. Acesso em: 17 jan 2024.
- VALE, K. A. G. *et al.* Evidences of high genetic differentiation among populations of the stingless bee *Scaptotrigona depilis* (Moure, 1942) in Piauí, Brazil. **Bee World**, v. 98, n. 3, p. 83-88, 2021.
- VAN SOEST, P. J. Ruminant fat metabolism with particular reference to factors affecting low milk fat and feed efficiency. A review. **Journal of Dairy Science**, v. 46, n. 3, p. 204-216, 1963.
- VAN SOEST, P. J; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 50, n. 1, p. 50-55, 1967.
- VASCONCELLOS, A. *et al.* Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, p. 471-476, 2010.
- VIEIRA, M. M.; BENDINI, J. N. Mapeamento dos meliponários educativos da região Nordeste: no caminho da conservação das abelhas nativas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e16010111387-e16010111387, 2021.

VOLLET-NETO, A. *et al.* Dietas protéicas para abelhas sem ferrão. 2010.

APÊNDICE A**SCRIPT DO TESTES DE ATRATIVIDADE ENTRE OS ALIMENTOS**

```
#TESTE DE ATRATIVIDADE
```

```
#estatisticas
```

```
#ALIMENTAÇÃO
```

```
shapiro.test(dadosmat$n)
```

```
anova <- aov(n ~ ALIMENTACAO, data=dadosmat)
```

```
summary(anova)
```

```
tukey_ctrl <- LTukey(anova, which= "ALIMENTACAO", conf.level=0.95)
```

```
boxplot(n ~ ALIMENTACAO, dadosmat, cex = 1, main="ALIMENTACAO", xlab="n",  
ylab="Visitacao", col = c("808080","tomato3","yellow","899030","#00CC00"))
```

APÊNDICE B

SCRIPT DO REGRESSÃO POLINOMIAL

```

# Ajuste um modelo de regressão polinomial para media_Temp
grau_do_polinomio <- 2 # Você pode ajustar o grau do polinômio conforme necessário
modelo_temp <- lm(media_n ~ poly(media_Temp, grau_do_polinomio) * MATERIAL,
data = dados)

# Resumo do modelo
summary_modelo_temp <- summary(modelo_temp)
r_squared_temp <- summary_modelo_temp$r.squared

# Resultados
cat("Residual Standard Error (RSE):", sigma(modelo_temp), "\n")
cat("Multiple R-squared:", r_squared_temp, "\n")
cat("Adjusted R-squared:", summary_modelo_temp$adj.r.squared, "\n")
cat("F-statistic:", summary_modelo_temp$fstatistic[1], "\n")

# Extrair coeficientes do modelo
coeficientes_temp <- coef(modelo_temp)

# Equação da reta e R²
equacao_reta_temp <- paste("Equação da Reta: y =",
round(coeficientes_temp[[2]], 2), "*x^2 +",
round(coeficientes_temp[[3]], 2), "*x +",
round(coeficientes_temp[[1]], 2))
r_squared_text_temp <- paste("R² =", round(r_squared_temp, 3))

# Gráfico media_Temp
ggplot(dados, aes(x = media_Temp, y = media_n, color = as.factor(MATERIAL))) +
geom_point() +
geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ poly(x, grau_do_polinomio), se =
FALSE) +
labs(title = "Regressão Polinomial",
x = "Media_Temp",
y = "Media_n",
color = "Material") +
annotate("text", x = max(dados$media_Temp), y = max(dados$media_n),
label = paste(equacao_reta_temp, r_squared_text_temp),
hjust = 1, vjust = 1, color = "black")

# Ajuste um modelo de regressão polinomial para media_Umi
grau_do_polinomio <- 2 # Você pode ajustar o grau do polinômio conforme necessário
modelo_umi <- lm(media_n ~ poly(media_Umi, grau_do_polinomio) * MATERIAL,
data = dados)

# Resumo do modelo
summary_modelo_umi <- summary(modelo_umi)
r_squared_umi <- summary_modelo_umi$r.squared

```

```

# Resultados
cat("Residual Standard Error (RSE):", sigma(modelo_umi), "\n")
cat("Multiple R-squared:", r_squared_umi, "\n")
cat("Adjusted R-squared:", summary_modelo_umi$adj.r.squared, "\n")
cat("F-statistic:", summary_modelo_umi$fstatistic[1], "\n")

# Extrair coeficientes do modelo
coeficientes_umi <- coef(modelo_umi)

# Equação da reta e R²
equacao_reta_umi <- paste("Equação da Reta: y =",
                          round(coeficientes_umi[[2]], 2), "*x^2 +",
                          round(coeficientes_umi[[3]], 2), "*x +",
                          round(coeficientes_umi[[1]], 2))
r_squared_text_umi <- paste("R² =", round(r_squared_umi, 3))

# Gráfico media_Umi
ggplot(dados, aes(x = media_Umi, y = media_n, color = as.factor(MATERIAL))) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ poly(x, grau_do_polinomio), se =
FALSE) +
  labs(title = "Regressão Polinomial",
        x = "Media_Umi",
        y = "Media_n",
        color = "Material") +
  annotate("text", x = max(dados$media_Umi), y = max(dados$media_n),
          label = paste(equacao_reta_umi, r_squared_text_umi),
          hjust = 1, vjust = 1, color = "black")

# Ajuste um modelo de regressão polinomial para media_Radiacao
grau_do_polinomio <- 2 # Você pode ajustar o grau do polinômio conforme necessário
modelo_radiacao <- lm(media_n ~ poly(media_Radiacao, grau_do_polinomio) *
MATERIAL, data = dados)

# Resumo do modelo
summary_modelo_radiacao <- summary(modelo_radiacao)
r_squared_radiacao <- summary_modelo_radiacao$r.squared

# Resultados
cat("Residual Standard Error (RSE):", sigma(modelo_radiacao), "\n")
cat("Multiple R-squared:", r_squared_radiacao, "\n")
cat("Adjusted R-squared:", summary_modelo_radiacao$adj.r.squared, "\n")
cat("F-statistic:", summary_modelo_radiacao$fstatistic[1], "\n")

# Extrair coeficientes do modelo
coeficientes_radiacao <- coef(modelo_radiacao)

# Equação da reta e R²
equacao_reta_radiacao <- paste("Equação da Reta: y =",

```

```
round(coeficientes_radiacao[[2]], 2), "*x^2 +",
round(coeficientes_radiacao[[3]], 2), "*x +",
round(coeficientes_radiacao[[1]], 2))
r_squared_text_radiacao <- paste("R² =", round(r_squared_radiacao, 3))

# Gráfico media_Radiacao
ggplot(dados, aes(x = media_Radiacao, y = media_n, color = as.factor(MATERIAL))) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", formula = y ~ poly(x, grau_do_polinomio), se =
FALSE) +
  labs(title = "Regressão Polinomial",
x = "media_Radiacao",
y = "Media_n",
color = "Material") +
  annotate("text", x = max(dados$media_Radiacao), y = max(dados$media_n),
label = paste(equacao_reta_radiacao, r_squared_text_radiacao),
hjust = 1, vjust = 1, color = "black")
```

APÊNDICE C

**SCRIPT DO TESTE DE VISITAÇÃO EM FUNÇÃO DA HORA E SUA
RELAÇÃO COM A TEMPERATURA**

```

# Teste de Shapiro-Wilk para normalidade
resultado_teste_shapiro <- shapiro_test(dados$n)

# Imprima o resultado
print("Teste de Shapiro-Wilk para Normalidade:")
print(resultado_teste_shapiro)

# Verifique se os dados seguem uma distribuição normal
if (resultado_teste_shapiro$p.value > 0.05) {
  print("Os dados seguem uma distribuição normal.")
} else {
  print("Os dados não seguem uma distribuição normal.")
}

# ANOVA de uma via
resultado_anova <- aov(n ~ HORA, data = dados)

# Imprima o resultado da ANOVA
print("ANOVA:")
print(summary(resultado_anova))

# Converta HORA para fator
dados$HORA <- as.factor(dados$HORA)

# Teste post hoc de Tukey
resultado_tukey <- tukey_hsd(resultado_anova)

# Imprima o resultado de Tukey
print("Teste post hoc de Tukey:")
print(resultado_tukey)

# Gráfico de barras
ggplot(dados_grafico, aes(x = HORA, y = media_n, fill = HORA)) +
  geom_bar(stat = "identity", position = "dodge") +
  geom_errorbar(aes(ymin = media_n - erro_padrao_n, ymax = media_n +
erro_padrao_n), position = "dodge", width = 0.25) +
  geom_line(data = media_temp, aes(x = HORA, y = media_temp, group = 1, color =
"Média de Temp")) + # Linha da média de "Temp"
  labs(title = "Gráfico de Barras com Barras de Erro e Linha da Média de Temp",
    x = "HORA",
    y = "Valor Médio") +
  scale_color_manual(values = "red", name = "Legenda Temp") + # Adiciona a legenda
personalizada
  theme_minimal()

```

APÊNDICE D

SCRIPT DO TESTE NÃO PARAMÉTRICO LOG-RANK

```
# Criar objeto de sobrevivência
surv_obj <- Surv(time = dados$tempo, event = dados$evento)

# Ajustar modelo de Kaplan-Meier
km_model <- survfit(surv_obj ~ grupo, data = dados)

# Imprimir estatísticas do Kaplan-Meier
summary(km_model)

# Teste de log-rank
log_rank_test <- survdiff(surv_obj ~ grupo, data = dados)
cat("\nTeste de Log-Rank (Qui-quadrada):\n")
print(log_rank_test)

# Obter valor p do teste de log-rank
p_value <- 1 - pchisq(log_rank_test$chisq, df = length(unique(dados$grupo)) - 1)
cat("\nValor p do Teste de Log-Rank:", p_value, "\n")

# Plot survival curves without Risk Table and with median survival time
ggsurvplot(km_model, data = dados, risk.table = FALSE, pval = TRUE,
  conf.int = TRUE, xlim = c(0, max(dados$tempo)),
  xlab = "Tempo (dias)", ylab = "Probabilidade de Sobrevivência",
  surv.median.line = "hv",
  median.line = mediana_sobrevivencia,
  median.line.col = "red",
  ggtheme = theme_bw())
```