



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL
MESTRADO EM PRODUÇÃO ANIMAL

Demilson de Sena Benevides

**Sobreposição de nicho polínico entre as espécies *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* em
área de caatinga, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil**

MOSSORÓ-RN

2025

Demilson de Sena Benevides

Sobreposição de nicho polínico entre as espécies *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* em área de caatinga, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Linha de pesquisa: Produção de Não Ruminantes

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Peres Gramacho

Coorientador: Dr. Airton Torres Carvalho

MOSSORÓ-RN

2025

Demilson de Sena Benevides

Sobreposição de nicho polínico entre as espécies *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* em área de caatinga, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Produção Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Linha de pesquisa: Produção de Não Ruminantes

Defendida em: 26/05/2025

BANCA EXAMINADORA

Dra. Kátia Peres Gramacho (UFERSA Orientadora)

Dr. Airton Torres Carvalho (UFERSA- Coorientador)

Dra. Monique Hellen Ribeiro Lima (UEMA-MA)

Dr. José Everton Alves (UVA SOBRAL-CE)

MOSSORÓ-RN

2025

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semiárido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do autor, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu respectivo autor seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

B461s

Benevides, Demilson de Sena.

Sobreposição de nicho polínico entre as espécies
Apis mellifera e Melipona subnitida em área de
caatinga, Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil /
Demilson de Sena Benevides. - 2025.

81 f. : il.

Orientadora: Kátia Peres Gramacho.

Coorientadora: Ailton Torres Carvalho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Produção Animal, 2025.

1. Apicultura. 2. Meliponicultura. 3. Caatinga.
4. Pasto apícola. 5. Morfologia do pólen.
I. Gramacho, Kátia Peres , orient. II. Carvalho,
Ailton Torres , co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas

da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

RESUMO

O Brasil abriga uma das maiores biodiversidades do planeta, e as abelhas desempenham papel crucial na manutenção dos ecossistemas por meio da polinização de plantas nativas e agrícolas. No semiárido nordestino, a produção de mel se destaca graças à riqueza florística do bioma Caatinga. No Rio Grande do Norte, a criação de *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* apresenta expressiva relevância socioeconômica, embora persistam lacunas quanto à dinâmica de uso dos recursos florais e à sobreposição de nicho polínico entre essas espécies. Este estudo teve como objetivo avaliar a sobreposição de nicho polínico entre *A. mellifera* e *M. subnitida*, bem como os possíveis efeitos dessa interação sobre o desenvolvimento das colônias da abelha nativa. A pesquisa foi conduzida de março a dezembro de 2024, na Fazenda Experimental Rafael Fernandes e no Meliponário Paulo Menezes (UFERSA), utilizando cinco colônias de cada espécie. As coletas mensais de pólen foram realizadas por meio de coletores frontais em *A. mellifera* e coleta manual de pólen externo e interno em *M. subnitida*. Paralelamente, foi feito o mapeamento da flora apícola e meliponícola em um raio de 1,5 km. As análises palinológicas identificaram 30 tipos de pólen distribuídos em 13 famílias botânicas. Dentre estas, destacam-se Fabaceae (com 12 spp), Anacardiaceae (com 3 spp), e as famílias Asteraceae, Malvaceae, Myrtaceae e Rubiaceae, cada uma com 2 espécies. A espécie *A. mellifera* apresentou maior amplitude trófica e capacidade de exploração de recursos florais, especialmente nos períodos de seca, enquanto *M. subnitida* demonstrou seletividade e sensibilidade à escassez de recursos. A análise de similaridade evidenciou maior sobreposição de nicho durante a estação seca, sugerindo intensificação da competição por pólen. Conclui-se que estratégias de manejo ecológico são necessárias para promover o particionamento de recursos, conservar a flora nativa e assegurar a coexistência sustentável entre espécies nativas e exóticas.

Palavras-chave: apicultura; meliponicultura; caatinga; pasto apícola; morfologia do pólen; interação plantas-abelhas.

ABSTRACT

Brazil harbors one of the planet's largest biodiversities, and bees play a crucial role in maintaining ecosystems by pollinating native and agricultural plants. In the semi-arid northeast region, honey production stands out because of the floristic richness of the Caatinga biome. In Rio Grande do Norte, the rearing of *Apis mellifera* and *Melipona subnitida* has significant socioeconomic relevance, although gaps persist regarding the dynamics of floral resource use and overlap of the pollen niche between these species. This study aimed to evaluate the overlap of the pollen niche between *A. mellifera* and *M. subnitida* as well as the possible effects of this interaction on the development of native bee colonies. The research was conducted from March to December 2024 at the Rafael Fernandes Experimental Farm and Paulo Menezes Meliponary (UFERSA), using five colonies of each species. Monthly pollen collections were carried out using frontal collectors for *A. mellifera* and manual collection of external and internal pollen from *M. subnitida*. Simultaneously, mapping of the bee and meliponine flora was performed within a 1.5 km radius. Palynological analyses identified 30 pollen types that were distributed across 13 botanical families. Among these, Fabaceae (12 spp.), Anacardiaceae (3 spp.), and the families Asteraceae, Malvaceae, Myrtaceae, and Rubiaceae, each with two species, stand out. *A. mellifera* showed greater trophic breadth and capacity for exploring floral resources, especially during dry periods, while *M. subnitida* demonstrated selectivity and sensitivity to resource scarcity. Similarity analysis showed greater niche overlap during the dry season, suggesting intensification of competition for pollen. *A. mellifera* exhibited greater trophic breadth and adaptability, whereas *M. subnitida* demonstrated floral selectivity. Niche overlap was more pronounced during the dry period, indicating potential competition for resources. It was concluded that ecological management strategies are necessary to promote resource partitioning, conserve native flora, and ensure sustainable coexistence between native and exotic species.

Keywords: beekeeping; meliponiculture; caatinga; bee pasture; pollen morphology; plant-bee interaction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Entrada da Fazenda Experimental da UFERSA, local onde foram realizadas as coletas das plantas e dos grãos de pólen da <i>A. mellifera</i> e <i>M. Subnitida</i>	33
Figura 2. Meliponário Paulo Menezes, utilizado como local de coleta de amostras de pólen fresco de <i>Melipona subnitida</i>	34
Figura 3. Mapa de localização da área de estudo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), Mossoró/RN, onde foram realizadas as coletas de grãos de pólen utilizados por <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i> , bem como a identificação das principais espécies vegetais melitófilas da Caatinga associadas à dieta alimentar dessas abelhas.....	35
Figura 4. (A) Placa de identificação da área experimental; (B) Colmeia do tipo Langstroth com coletor de pólen frontal acoplado; (C) Pólen apícola <i>in natura</i> coletado na bandeja; (D) Amostras de pólen identificadas e acondicionadas em tubos tipo Falcon.....	36
Figura 5. (A) Área do meliponário Paulo Menezes, local das coletas; (B) Caixa modelo nordestina fechada para coleta do pólen externo; (C) Operária de <i>M. subnitida</i> com pólen nas corbículas; (D) Procedimento de coleta do pólen interno.....	37
Figura 6. Procedimento de montagem das lâminas de pólen fresco de <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i>	39

LISTA DE GRÁFICOS

Figura 7. Espécies botânicas, distribuídas em famílias, presentes no levantamento florístico da caatinga, que são visitadas pelas abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i> em Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.....	40
Figura 8. Proporção dos recursos florais disponibilizados pelas espécies botânicas da caatinga, visitadas pelas abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i> em Mossoró, de março a dezembro de 2024.....	41
Figura 9. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica em Mossoró-RN, ao longo de 2024.....	42
Figura 10. Época de floração das espécies vegetais de importância apícola e meliponícola na Fazenda Experimental Rafael Fernandes – UFRSA, ao longo das estações chuvosa e seca em 2024.....	43
Figura 11. Quantidade de tipos polínicos encontrados, por família botânica, nas amostras de pólen transportadas nas corbículas das abelhas <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i> na caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.....	44
Figura 12. Espécies de plantas e tipos polínicos identificados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes – UFRSA, de março a dezembro de 2024, com relevância para a apicultura e meliponicultura.....	45
Figura 13. Sobreposição de nicho polínico entre <i>Apis mellifera</i> (AC - pontos verdes) e <i>Melipona subnitida</i> (JC - pontos azuis), na Caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024, com base no índice de similaridade de Jaccard	49
Figura 14. Similaridade (Índice Jacard) de nicho polínico entre <i>Apis mellifera</i> (AS - marrom) e <i>Melipona subnitida</i> (JS - preto) na estação seca, na caatinga de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.....	50
Figura 15. Diagrama de Venn mostrando o número de tipos polínicos compartilhados e exclusivos entre <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i> nas estações seca e chuvosa na Caatinga.....	51
Figura 16. Distribuição das formas de vida das plantas com potencial apícola meliponícola identificadas na caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Levantamento das espécies botânicas com aptidão para pasto apícola e meliponícola na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), durante as estações chuvosa e seca de 2024.....	53
Tabela 2: Levantamento dos principais tipos polínicos representados por família e espécie, identificados na área da Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), durante as estações chuvosa e seca de 2024.....	57

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE GRÁFICOS.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Gerais.....	14
2.2 Específicos.....	14
3. HIPÓTESES	15
4. REVISÃO DA LITERATURA	16
4.1. <i>Apis mellifera</i> e <i>Melipona subnitida</i>	16
4.2. O bioma caatinga e seus recursos florais.....	19
4.3 Sobreposição de nicho e competição.....	23
4.4 Palinologia e métodos para identificação do pólen.....	28
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	32
5.1 Localização do experimento.....	32
5.2 Desenvolvimento experimental.....	33
5.2.1 Amostragem para coleta do pólen.....	33
5.2.2 Coleta das plantas em floração.....	34
5.2.3 Coleta de pólen <i>Apis mellifera</i>	35
5.2.4 Coleta de pólen fresco <i>Melipona subnitida</i> (Jandaira).....	36
5.2.5 Análises do laboratório.....	38
5.3 Análises dos dados.....	39
6. RESULTADOS	40
7. DISCUSSÃO.....	60
8. Implicações práticas e estratégias de conservação.....	69
9. Limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.....	70
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
CONCLUSÃO GERAL.....	73
REFERÊNCIAS.....	74

1. INTRODUÇÃO

A sobreposição de nicho alimentar entre diferentes espécies de abelhas é uma questão ecológica relevante, especialmente em ecossistemas semiáridos como a Caatinga, onde a disponibilidade de recursos florais varia sazonalmente. As abelhas desempenham papel fundamental na polinização de plantas nativas e cultivadas, sendo essenciais para a manutenção da biodiversidade e da produtividade agrícola. No Nordeste brasileiro, destacam-se a *Apis mellifera*, espécie exótica amplamente introduzida, e a *Melipona subnitida*, nativa da região, ambas importantes para atividades econômicas como a apicultura e a meliponicultura.

O semiárido brasileiro, particularmente o bioma Caatinga, abriga uma rica diversidade de espécies vegetais e animais adaptadas às condições climáticas extremas. Dentre as espécies de abelhas presentes na região, destacam-se *Apis mellifera*, introduzida e amplamente aclimatada ao ambiente semiárido, e *Melipona subnitida*, conhecida como jandaíra, uma espécie nativa de grande importância ecológica e cultural para o Nordeste brasileiro.

Tanto a apicultura quanto a meliponicultura têm se consolidado como atividades estratégicas para o desenvolvimento sustentável do semiárido, promovendo geração de renda, inclusão social e conservação ambiental. No entanto, durante muito tempo prevaleceu a ideia de que essas duas práticas não poderiam coexistir na mesma paisagem. A presença de *A. mellifera*, especialmente em sua forma africanizada, foi frequentemente apontada como uma ameaça à sobrevivência das abelhas nativas, como *M. subnitida*, sob a justificativa de que haveria competição direta por recursos florais, particularmente em períodos de escassez. Apesar da importância dessas espécies para os sistemas de polinização da Caatinga, ainda são escassos os estudos que quantifiquem ou caracterizem como elas compartilham os recursos florais em um mesmo espaço geográfico. A hipótese de que a espécie exótica e generalista *A. mellifera* possa afetar negativamente o desempenho de abelhas nativas carece de comprovação científica robusta, especialmente no contexto do bioma Caatinga. Essa lacuna é particularmente preocupante diante da crescente expansão da apicultura na região e da valorização dos produtos oriundos da meliponicultura, o que exige investigações que orientem manejos integrados e sustentáveis nas colônias dessas abelhas sem ferrão.

Essa visão foi amplamente difundida, principalmente por correntes ecológicas mais conservadoras, que sugerem que *A. mellifera* exerce uma pressão competitiva intensa sobre as espécies nativas, alterando o equilíbrio ecológico e ameaçando a diversidade funcional das comunidades de polinizadores. No entanto, essa perspectiva ainda carece de validação científica

em muitos contextos, especialmente nas regiões semiáridas do Brasil, onde os padrões de floração, a resiliência das espécies e o manejo humano podem influenciar significativamente as interações entre as abelhas.

Além disso, as percepções sobre apicultura e meliponicultura variam consideravelmente entre profissionais e pesquisadores. Enquanto alguns defendem a priorização da criação de abelhas nativas como forma de preservação da fauna local, outros enxergam na apicultura uma atividade economicamente mais viável e com maior potencial de escala produtiva. Esse contraste de visões tem gerado debates acalorados, muitas vezes desprovidos de dados científicos que sustentem as alegações de antagonismo entre as duas práticas.

Estudos anteriores indicam que *A. mellifera*, por seu comportamento generalista e maior capacidade de forrageamento, tende a explorar uma ampla variedade de recursos florais, inclusive em ambientes com reduzida presença de flora melífera, como o semiárido nordestino (Hrncir *et al.*, 2019; Maia-Silva *et al.*, 2018). Em contrapartida, espécies nativas como *M. subnitida* demonstram maior seletividade floral e menor capacidade de adaptação frente à escassez de recursos, tornando-as potencialmente vulneráveis em situações de sobreposição ecológica.

A interação entre espécies de abelhas na Caatinga levanta questões sobre a sobreposição de nicho polínico e seus impactos ecológicos. Estudos indicam que a presença de *A. mellifera*, em razão de sua alta eficiência de forrageio, pode reduzir a disponibilidade de pólen e néctar para *M. subnitida*, exercendo assim uma forte pressão sobre esses meliponíneos, que afeta a saúde e a produtividade de suas colônias. Esses efeitos tendem a se agravar em ambientes com recursos florais limitados, comuns durante a estação seca na Caatinga. A importância dessas interações planta-abelha foi bem ressaltada em um trabalho que evidenciou a riqueza florística e a morfologia polínica de plantas visitadas por *A. mellifera* na Bahia (Reis *et al.*, 2023). Tais informações ampliam o entendimento sobre a forma como as abelhas exploram os recursos florais e interagem com a vegetação local.

Diante disso, faz-se necessário investigar da forma sistemática a possível sobreposição de nicho polínico entre essas espécies, considerando aspectos sazonais e ecológicos do bioma Caatinga. A ausência de dados concretos sobre como *A. mellifera* e *M. subnitida* utilizam os recursos florais pode comprometer o planejamento de manejo sustentáveis das colônias e dificultar a adoção de estratégias de conservação eficazes. Assim, este estudo justifica-se pela

necessidade de preencher essa lacuna, fornecendo evidências que possam orientar políticas públicas e práticas integradas de apicultura e meliponicultura no semiárido brasileiro.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* na caatinga da Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), em Mossoró-RN, durante as estações chuvosa e seca de 2024.

2.2 Objetivos específicos

- **I.** Identificar e comparar os tipos de pólen coletados por colônias de *A. mellifera* e *M. subnitida* em uma mesma área de atuação.
- **II.** Comparar a diversidade dos recursos florais utilizados por cada espécie de abelha, considerando as variações sazonais (estação chuvosa e estação seca).
- **III.** Identificar, por meio de análises palinológicas as fontes botânicas do pólen coletado por *A. mellifera* e *M. subnitida* na Fazenda Experimental da UFERSA, com ênfase nas espécies nativas da caatinga
- **IV.** Elaborar um calendário polínico indicativo dos principais recursos florais utilizados por *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* ao longo do ano na área de estudo, incluindo recomendações sazonais de manejo para períodos críticos de escassez alimentar.

3. HIPÓTESES

As hipóteses que serão testadas nesse estudo são:

H0 (Hipótese Nula): Não há diferença significativa na sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*.

H1 (Hipótese Alternativa 1): *Apis mellifera* coleta uma maior diversidade de tipos polínicos do que *Melipona subnitida*, resultando em maior sobreposição de nicho polínico entre as espécies.

H2 (Hipótese Alternativa 2): A sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* aumenta durante a estação seca (período de menor oferta floral), o que leva a alterações no comportamento de forrageio da espécie nativa (*M. subnitida*).

4. REVISÃO DE LITERATURA

A polinização é um processo ecológico fundamental que desempenha um papel crucial na produção de alimentos para a humanidade e na manutenção da biodiversidade (Giampieri *et al.*, 2022). As abelhas, como principais agentes polinizadores em muitos ecossistemas, contribuem significativamente para a reprodução de plantas nativas e culturas agrícolas, incluindo aquelas utilizadas na alimentação animal. Nesse contexto, a apicultura e a meliponicultura emergem como atividades de produção animal com uma crescente importância econômica e social, fornecendo produtos valiosos e gerando renda para comunidades rurais. Esta revisão de literatura busca explorar a interface entre a ecologia das abelhas, a polinização e a produção animal, com foco na sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* na Caatinga, um bioma de grande relevância para a apicultura e meliponicultura no Nordeste brasileiro.

4.1 *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*

As abelhas são reconhecidas como os principais polinizadores em ecossistemas naturais e agrícolas, desempenhando um papel ecológico crucial na reprodução das plantas. Dentre as espécies de abelhas presentes no semiárido, destacam-se *Apis mellifera*, espécie exótica de ampla distribuição e comportamento generalista, e *Melipona subnitida*, abelha nativa sem ferrão, adaptada às condições do bioma Caatinga. A primeira possui colônias populosas, elevado raio de forrageio e capacidade de explorar grande variedade de plantas, inclusive em ambientes escassos de recursos. Já *M. subnitida*, embora social e eficiente como polinizadora, apresenta seletividade floral mais marcada e menor plasticidade comportamental (Maia *et al.*, 2015; Carvalho & Zanella, 2017).

A introdução e a expansão de *A. mellifera* no Brasil, especialmente após a africanização iniciada na década de 1950, transformaram a dinâmica da apifauna local. A alta competitividade dessa espécie, devido ao seu comportamento de recrutamento e ao tamanho de suas colônias, tem levantado preocupações sobre impactos potenciais à biodiversidade, incluindo o deslocamento de espécies nativas e alterações na oferta de recursos florais. A partir de 1956, a apicultura brasileira sofreu grande transformação com a chegada das abelhas africanas, inicialmente classificadas como *Apis mellifera adansonii*. Esse período foi marcado por desafios decorrentes da alta capacidade defensiva e adaptativa das abelhas africanizadas, que

se dispersaram rapidamente pelo território nacional, devido a maior eficiência reprodutiva e ao comportamento de enxameação (Kerr, 1967; Gonçalves, 1994).

Em contrapartida, as abelhas nativas sem ferrão (Meliponini), como *M. subnitida* (Jandaira), figuram entre os principais polinizadores da flora brasileira anteriores à chegada de *A. mellifera*. Essas abelhas continuam desempenhando papel vital na polinização de plantas nativas e na produção de méis com características únicas e alto valor comercial (Sant'ana *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2018). No bioma Caatinga, *M. subnitida* é responsável pela polinização de plantas lenhosas, contribuindo de forma significativa para a conservação e regeneração desse ecossistema (Hilgert-Moreira 2012; Maia-Silva *et al.*, 2015).

A introdução de *A. mellifera* desencadeou implicações importantes para os ecossistemas naturais. Estudos apontam que, em áreas com elevada densidade populacional de *A. mellifera*, observa-se uma redução acentuada no número de abelhas nativas, em decorrência da competição por recursos florais, como pólen e néctar (Roubik 1978; Dias *et al.*, 2022). Por ser considerada supergeneralista, *A. mellifera* adapta-se facilmente a diferentes tipos de plantas, podendo alterar os hábitos de coleta das abelhas nativas e modificar seus nichos ecológicos (Muniz & Brito, 2007; Modro *et al.*, 2007).

A competição interespecífica entre *A. mellifera* e abelhas nativas, a exemplo de *M. subnitida*, levantam questões ecológicas relevantes. O particionamento de recursos desponta como estratégia para minimizar a competição direta entre espécies, favorecendo sua coexistência em ambientes compartilhados (Potter *et al.*, 2022; Letten *et al.*, 2017). Ainda assim, a introdução de espécies exóticas, como *A. mellifera*, pode gerar desequilíbrios ecológicos, afetar a saúde das populações nativas e comprometer o sucesso reprodutivo das plantas locais (Paini & Roberts, 2005).

Na Caatinga, *M. subnitida* destaca-se pela sua capacidade de adaptação a condições áridas, adotando estratégias como coleta intensiva durante o curto período chuvoso e redução populacional na estação seca (Maia-Silva *et al.*, 2015; Maia-Silva *et al.*, 2016). Essa espécie apresenta habilidade particular para extrair pólen de anteras poricidas, constituindo vantagem competitiva em certas plantas (Hilgert-Moreira, 2012). No Rio Grande do Norte, a criação de abelhas sem ferrão, denominada meliponicultura, faz uso extensivo de *M. subnitida*, reconhecida pelo mel diferenciado e de alto valor comercial (Maia *et al.*, 2015; Carvalho & Zanella, 2017).

Apesar do potencial econômico e ecológico, a criação de abelhas nativas sem ferrão ainda enfrenta desafios relacionados ao manejo inadequado e à carência de conhecimento técnico, muitas vezes baseados em práticas empíricas (Jaffé *et al.*, 2015). A educação ambiental e o desenvolvimento de técnicas científicas são essenciais para assegurar a sustentabilidade da meliponicultura e a preservação de abelhas nativas (Batista *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2020).

Compreender as interações entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* na Caatinga, especialmente no que diz respeito à sobreposição de nicho polínico, é essencial para a definição de estratégias de manejo que promovam a coexistência harmoniosa entre essas espécies. Tais estratégias devem integrar práticas zootécnicas voltadas à gestão das colônias com ações de manejo ecológico e paisagístico, assegurando a oferta contínua de recursos florais e minimizando a competição alimentar. Esse conhecimento é fundamental para mitigar os efeitos da competição por recursos, garantir a sustentabilidade dos ecossistemas regionais e fortalecer as atividades de apicultura e meliponicultura no semiárido.

4.2 O bioma caatinga e seus recursos florais

O Nordeste brasileiro ocupa cerca de 18,2% do território nacional, abrangendo os estados da Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão. Essa vasta região inclui quatro biomas: Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, destacando-se a Caatinga como o único bioma exclusivamente brasileiro (IBGE, 2022). Localizado no semiárido, esse bioma é caracterizado por um clima seco, vegetação adaptada e uma biodiversidade rica em espécies da flora e da fauna.

A Caatinga abrange 10,1% do território nacional, totalizando uma área de aproximadamente 862.818 km² (IBGE, 2019). Trata-se de um bioma com paisagens bastante diversificadas, que variam desde regiões com vegetação escassa e características desérticas até áreas com densa cobertura arbórea, predominando a formação vegetal classificada como Savana Estépica (IBGE, 2019). A porção da vegetação explorada pelas abelhas sem ferrão é conhecida como flora meliponícola, desempenhando um papel essencial na manutenção e sobrevivência das colônias nas áreas onde essas espécies ocorrem (Aleixo *et al.*, 2017; Maia-Silva *et al.*, 2020).

Plantas como *Mimosa tenuiflora*, *Croton sonderianus* e *Ziziphus joazeiro* são consideradas estratégicas por sua floração prolongada, recursos tróficos disponibilizados e época de florescimento. O mapeamento desses recursos é essencial para o manejo racional das colônias, especialmente diante da crescente valorização do mel da Caatinga nos mercados nacional e internacional.

Na Caatinga, a melitofilia é a principal síndrome de polinização, evidenciando a importância das abelhas para a manutenção do bioma. Esse tipo de polinização ocorre em plantas que florescem tanto durante o curto período chuvoso quanto na estação seca, com o néctar como principal recurso floral (Quirino e Machado, 2014).

Em regiões semiáridas do Nordeste do Brasil a chuva polínica revelou a ocorrência de 124 tipos, com uma média de 8823 grãos depositados por cm² em um período de dois anos, refletindo a riqueza florística local e sua relação direta com fatores climáticos, como temperatura e precipitação. A Caatinga, inserida no contexto global das Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos (FATSS), apresenta uma vegetação xerofítica altamente adaptada aos períodos prolongados de seca, sendo destacadas algumas famílias botânicas como Leguminosae e Euphorbiaceae. Tal diversidade e concentração polínica mostram variações significativas entre os períodos climáticos, permitindo a identificação de tipos polínicos

específicos que podem funcionar como importantes indicadores ecológicos desse bioma, auxiliando na compreensão da dinâmica dos ecossistemas semiáridos (Magalhães-e-Silva; Santos, 2024).

Estudos realizados em região semiárida do município de São João do Piauí revelaram significativa diversidade florística, com expressiva oferta de recursos florais essenciais para a manutenção das abelhas africanizadas (*A. mellifera*). Do total de 67 espécies florísticas registradas, 49 foram identificadas como melitófilas, destacando-se principalmente as famílias Fabaceae, Malvaceae e Euphorbiaceae, as quais fornecem tanto pólen quanto néctar. Entre as espécies botânicas mais relevantes destacam-se *Mimosa tenuiflora*, *Mesosphaerum suaveolens*, *Croton sonderianus*, *Ipomoea glabra* e *Ziziphus joazeiro*, importantes (Moraes *et al.*, 2020).

Levantamentos florísticos têm destacado a diversidade estrutural da vegetação da Caatinga, o que evidencia sua relevância ecológica e econômica (Sanquetta *et al.*, 2014; Luna *et al.*, 2015; Rocha *et al.*, 2017). Além disso, análises palinológicas de produtos apícolas têm permitido a identificação de espécies vegetais forrageadas por abelhas, incluindo *A. mellifera* (Costa *et al.*, 2018; Reis *et al.* 2021).

Segundo Brasil e Guimarães-Brasil (2018), o conhecimento dos recursos florais da Caatinga é essencial para a conservação da apifauna e a manutenção das atividades apícolas, mesmo em condições de seca severa, por meio de práticas de reflorestamento e manejo adequado.

Embora rica em recursos florais, a Caatinga enfrenta um acelerado processo de degradação causado por atividades antrópicas, como desmatamento, agropecuária extensiva, uso indiscriminado de agrotóxicos, queimadas e manejo inadequado do solo. Essas práticas comprometem a biodiversidade do bioma e sua capacidade de fornecer recursos essenciais para os polinizadores (Sabino *et al.*, 2016). Apesar disso, a apicultura e a meliponicultura tem desempenhado um papel importante na conservação do bioma, ao promover a polinização e a regeneração de espécies vegetais nativas (Silva, 2013).

O principal produto produzido pelas abelhas ainda é o mel, que no Nordeste brasileiro possui características únicas, atribuídas à vegetação nativa da Caatinga, devido à baixa contaminação por agrotóxicos. Essa característica levou o Nordeste a ser a região com maior produção e exportação de mel orgânico para o forte mercado do Estados Unidos da América (Ximenes & Vidal, 2023).

Esse mel é valorizado no mercado devido à sua origem botânica diferenciada e ao baixo teor de resíduos, favorecido pelas condições climáticas e uso da terra na região (Oliveira & Santos, 2014). No entanto, a escassez de recursos florais durante a estação seca apresenta desafios para o manejo sustentável das colônias de abelhas.

A vegetação da Caatinga, composta por espécies adaptadas ao semiárido, oferece recursos florais essenciais para a sobrevivência das abelhas, especialmente durante o período chuvoso, que dura de 4 a 6 meses. Durante a estação seca, a disponibilidade de néctar e pólen é drasticamente reduzida, comprometendo o desenvolvimento e a sobrevivência das colônias (Silva, 2013).

Nessa perspectiva, plantas com floração em massa, como Angico (*Anadenanthera colubrina*), Jurema Branca (*Mimosa arenosa*), Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*), Sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), e Catanduva (*Pityrocarpa moniliformis*) desempenham um papel fundamental ao oferecer recursos essenciais durante períodos de escassez (Maia-Silva *et al.*, 2018).

A carência de recursos florais afeta diretamente o ciclo de vida das colônias, levando à redução populacional, abandono de ninhos e, em casos extremos, mortalidade. Por isso, estratégias como a implantação e o manejo de pastos apícolas são indispensáveis para garantir a disponibilidade contínua de recursos florais (Nascimento *et al.*, 2019). Essas ações são especialmente importantes em regiões semiáridas, onde as abelhas enfrentam períodos prolongados de seca e recursos limitados.

A fragmentação de habitats, causada por práticas agrícolas intensivas, tem sido associada ao declínio global de polinizadores e à perda de colônias de abelhas. O desmatamento e o uso indiscriminado de defensivos agrícolas reduzem a oferta de recursos florais e comprometem a saúde das populações de abelhas nativas e manejadas (Kleijn *et al.*, 2018). Nesse cenário, ações de conservação devem incluir práticas agrícolas mais sustentáveis, tais como o manejo racional de colônias e o incentivo à regeneração de espécies vegetais nativas e recuperação de áreas degradadas (Potts *et al.*, 2016).

Neste cenário percebe-se que a resiliência de *M. subnitida* em florestas tropicais secas está associada à sua capacidade de manter colônias perenes durante períodos de seca prolongada, regulando a produção de crias e priorizando recursos florais altamente lucrativos após eventos de precipitação. Essas abelhas teriam alta capacidade de estocar alimento e regular seu consumo durante a estação desfavorável (Hrncir *et al.*, 2019).

Na Caatinga *M. subnitida* tem uma estreita relação com plantas nativas. Aproximadamente 77% dos tipos polínicos identificados por Costa *et al.*, (2017) em amostras de méis, oriundas do Rio Grande do Norte, estão relacionadas a plantas nativas da Caatinga. Segundo os mesmos autores, *Pityrocarpa moniliformis*, *M. tenuiflora*, *M. sensitiva*, *Senna obtusifolia* e *Chamaecrista* foram os tipos polínicos mais abundantes nas amostras estudadas, de acordo com Maia-Silva *et al.*, (2015).

Avançar nos estudos sobre a flora apícola e meliponícola da Caatinga é fundamental para subsidiar práticas de manejo sustentáveis e estratégias de conservação eficazes. A ampliação das investigações regionais possibilita uma compreensão mais aprofundada das interações entre as abelhas e os recursos florais disponíveis, especialmente em um bioma de caatinga caracterizado por sazonalidade acentuada e elevada diversidade de espécies. A caracterização dos grãos de pólen presentes nos produtos apícolas e meliponícolas não apenas permite identificar sua origem botânica, agregando valor comercial ao mel e a outros produtos regionais, como também contribui diretamente para a valorização do conhecimento tradicional e a conservação da biodiversidade local. Nesse contexto, levantamentos etnobotânicos integrados a técnicas como observação direta e entrevistas com apicultores tornam-se indispensáveis para mapear os principais recursos florais utilizados por abelhas nativas e africanizadas, possibilitando o desenvolvimento de calendários florais regionais e o planejamento de ações de enriquecimento florístico, manejo paisagístico e reflorestamento (Albuquerque *et al.*, 2017; Moraes *et al.*, 2020).

Por conseguinte, a Caatinga preservada, com sua riqueza florística e recursos estratégicos, tem papel fundamental na sustentabilidade da apicultura e meliponicultura no semiárido. Além de sua importância ecológica na manutenção da biodiversidade, sua conservação é essencial para assegurar a disponibilidade de recursos florais para as abelhas, impulsionando o desenvolvimento econômico da região.

4.3 Sobreposição de nicho polínico e competição

Compreender o conceito de nicho ecológico é fundamental para a análise das interações entre espécies que compartilham o mesmo habitat e exploram recursos semelhantes. A definição clássica proposta por Hutchinson (1957) caracteriza o nicho como um hipervolume multidimensional que representa o conjunto de condições ambientais e recursos necessários à sobrevivência, crescimento e reprodução de uma espécie. Dentro dessa perspectiva, distingue-se o nicho fundamental, entendido como o espaço potencial que a espécie poderia ocupar na ausência de competidores, e o nicho realizado, que corresponde à porção efetivamente ocupada diante das restrições bióticas impostas por outras espécies.

A sobreposição de nicho ocorre quando duas ou mais espécies utilizam simultaneamente os mesmos recursos dentro de um ambiente, o que pode gerar competição, especialmente em contextos de escassez. Esse fenômeno é amplamente investigado na ecologia trófica, sendo aplicado à análise de partilha de recursos alimentares, como ocorre entre polinizadores que disputam néctar e pólen. A intensidade dessa sobreposição pode ser quantificada por meio de índices ecológicos específicos. O índice de Jaccard, baseado em dados de presença e ausência, mede a similaridade entre conjuntos de recursos utilizados. Já o índice de Schoener (1968) considera a proporção relativa de uso de cada recurso por cada espécie, oferecendo uma medida contínua da sobreposição trófica.

É fundamental distinguir os conceitos ecológicos de coexistência e competição para compreender a dinâmica das interações entre espécies que compartilham recursos limitados. A coexistência refere-se à capacidade de múltiplas espécies utilizarem os mesmos recursos sem que ocorra exclusão, geralmente por meio de mecanismos de particionamento temporal, espacial ou funcional (Pianka, 1974; Chesson, 2000). Esses mecanismos reduzem a sobreposição direta ao permitir que as espécies explorem nichos diferenciados ou utilizem os mesmos recursos de forma segregada.

Por outro lado, a competição é observada quando o uso compartilhado de um recurso finito acarreta prejuízos à aptidão de uma ou mais espécies envolvidas, afetando negativamente sua sobrevivência, crescimento ou reprodução. Em ambientes semiáridos como a Caatinga, sobretudo durante a estação seca, a escassez de recursos florais acentua os efeitos da sobreposição de nicho, o que pode comprometer a persistência de espécies nativas menos

competitivas, como as abelhas sem ferrão, frente à presença de espécies exóticas mais generalistas e eficientes na coleta de pólen e néctar (Pianka, 1974; Chesson, 2000).

Estudos recentes vêm utilizando tais métricas para avaliar o grau de competição entre abelhas nativas e exóticas, destacando a relevância da partilha de recursos para a conservação da biodiversidade de polinizadores (Biesmeijer *et al.*, 2006; Leonhardt *et al.*, 2017). No contexto da Caatinga, onde os recursos florais são altamente sazonais, compreender os padrões de sobreposição de nicho é crucial para o manejo racional da apicultura e meliponicultura.

A competição por recursos florais entre espécies de abelhas tem sido amplamente estudada, sobretudo quando envolve interações entre espécies nativas e exóticas. A sobreposição de nicho polínico entre *A. mellifera* e *M. subnitida* representa um desafio ecológico e econômico, pois ambas as espécies exploram recursos florais similares, podendo impactar a dinâmica da polinização. Estudos indicam que *A. mellifera*, por ser altamente generalista e possuir colônias mais populosas, pode competir com abelhas nativas por pólen e néctar, reduzindo a disponibilidade desses recursos para outras espécies sociais de abelhas (Geldmann; González-Varo, 2018 Geslin *et al.*, 2017).

A partir da introdução de *A. mellifera* no Brasil, que remonta ao século XVIII, somente foi na década de 1950 que sua disseminação se intensificou, com a chegada das abelhas africanizadas. Essas abelhas híbridas, resultantes do cruzamento entre subespécies africanas e europeias, possuem características que lhes conferem vantagens competitivas, como maior capacidade de forrageamento, comunicação eficiente via dança, adaptabilidade, e alta capacidade enxameatória, (Kerr, 1967). A partir dessa introdução, verificou-se uma modificação expressiva na dinâmica dos polinizadores nativos, principalmente pela sobreposição de nicho e pela pressão competitiva exercida sobre as abelhas sem ferrão (Ramalho *et al.*, 2007).

Em estudos realizados no semiárido da Bahia, foi evidenciado que as abelhas *A. mellifera* e diversas espécies de abelhas sem ferrão compartilham significativamente recursos florais das famílias Fabaceae, Asteraceae e Euphorbiaceae, destacando-se principalmente os tipos polínicos das espécies *Chamaecrista*, *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Prosopis* e *Senna*. A análise do espectro polínico dos méis revelou que, embora a flora local seja diversificada, determinadas espécies vegetais são preferencialmente visitadas por diferentes espécies de abelhas, podendo gerar uma sobreposição parcial dos nichos tróficos dessas abelhas, dependendo da abundância e disponibilidade dos recursos florais. Esses

resultados sugerem a existência de mecanismos ecológicos específicos que permitem a coexistência dessas espécies em ambientes semiáridos, especialmente por meio da partição temporal e espacial dos recursos florais (Santos *et al.*, 2020).

A sobreposição de nicho ocorre quando duas ou mais espécies utilizam os mesmos recursos ecológicos como fontes de néctar e pólen em espaço e tempo semelhantes. Em ambientes onde a oferta floral é limitada, como no período seco da Caatinga, essa sobreposição pode resultar em competição direta, influenciando negativamente a sobrevivência, reprodução e organização social das abelhas nativas. A espécie *A. mellifera*, por seu comportamento generalista, defensivo e alta capacidade de exploração de recursos, tende a ocupar amplamente o espaço trófico disponível, frequentemente deslocando espécies mais especializadas, como *Melipona subnitida*, das fontes alimentares. Esse deslocamento pode impactar não apenas a diversidade e a estrutura das colônias nativas, mas também comprometer a eficiência da polinização de plantas autóctones, alterando a composição e a distribuição da flora local (Thomson & Page, 2020; Page & Williams, 2023).

Embora a competição entre *A. mellifera* e abelhas sem ferrão seja amplamente reconhecida, a intensidade desse impacto varia conforme a densidade populacional das colônias, a disponibilidade de recursos florais e as estratégias de forrageamento envolvidas. Em ambientes com alta densidade de colmeias de *A. mellifera*, observaram-se reduções na diversidade alimentar e no desempenho reprodutivo de *M. subnitida*, o que pode comprometer sua viabilidade ecológica (Villanueva & Roubik, 2004). Por outro lado, em áreas com abundância floral e planejamento adequado do uso do território, a coexistência entre essas espécies pode ser viável. A compreensão dos mecanismos que regulam essa interação é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de manejo integradas e sustentáveis, capazes de conciliar a apicultura com a conservação das abelhas nativas em paisagens compartilhadas do semiárido brasileiro.

Em estudos realizados na Guiana Francesa, Roubik (1978, 1983) não identificou impactos significativos das abelhas africanizadas sobre colônias de abelhas sem ferrão. Contudo, em ambientes de alta densidade de *A. mellifera*, houve uma redução considerável no número de visitas das meliponíneas às flores, evidenciando um possível efeito negativo da competição.

A superioridade competitiva de *A. mellifera* também pode ser explicada por suas características comportamentais e fisiológicas. Sua habilidade de comunicar a localização dos

recursos através da dança das abelhas e sua ampla capacidade de deslocamento permitem a exploração mais eficiente do ambiente (Roubik, 1980). Além disso, sua maior biomassa corporal e o tamanho de suas colônias proporcionam uma vantagem adicional, tornando-as dominantes nos locais onde coexistem com abelhas nativas (Michener, 2007; Roubik, 2013). Essa pressão competitiva pode levar as abelhas sem ferrão a alterar suas preferências alimentares ou reduzir sua área de forrageamento, o que pode comprometer a sustentabilidade de suas colônias (Rogers *et al.*, 2013).

Outro fator que intensifica a competição é a capacidade alimentar das abelhas africanizadas. Enquanto muitas abelhas sem ferrão têm preferências específicas por determinadas espécies florais, *A. mellifera* exploram uma grande diversidade de plantas, incluindo espécies cultivadas e exóticas. Essa capacidade de explorar ampla gama de recursos, reduz a oferta de pólen e néctar para as abelhas nativas e pode levar a uma especialização forçada em fontes alternativas, resultando em alterações na dieta e no desenvolvimento larval dessas espécies (Valido *et al.*, 2019).

Villanueva & Roubik (2004) observaram que a competição por recursos pode causar uma diminuição da diversidade alimentar das abelhas sem ferrão, tornando-as mais dependentes de fontes florais específicas e, conseqüentemente, mais vulneráveis a mudanças sazonais na disponibilidade de alimento.

Neste contexto avaliar a competição entre abelhas mellifera e abelhas selvagens/nativas é ainda mais complicado pelo fato de que as abelhas podem responder às pressões competitivas mudando as visitas florais para recursos florais alternativos (Valido *et al.*, 2019).

Assim, o conhecimento da sobreposição de nichos por si só é insuficiente para determinar se a competição das abelhas melíferas pode ter consequências negativas para as populações de abelhas nativas (Thomson & Page, 2020).

Embora saibamos que as abelhas colhem enormes quantidades de pólen e néctar (Cane & Tependino, 2016; Torné-Noguera *et al.*, 2016), ainda é pouco conhecido como a coleta de recursos em si, altera a disponibilidade de recursos florais.

Apesar dos desafios impostos pela competição, algumas estratégias de manejo podem minimizar os impactos negativos da sobreposição de nicho polínico. A criação de áreas exclusivas para meliponicultura, o incentivo ao plantio de espécies nativas ricas em néctar e pólen, que são visitadas pelas abelhas sem ferrão e a adoção de práticas de manejo sustentável

podem favorecer a coexistência de *A. mellifera* e *M. subnitida*. Além disso, estudos sobre o comportamento de forrageamento e a interação entre essas espécies são essenciais para orientar políticas de conservação e garantir a preservação e a riqueza do bioma Caatinga.

4.4. Palinologia e métodos para identificação do pólen

A palavra "pólen" tem origem no latim e significa "farinha ou pó". Desde os tempos antigos, ele tem sido utilizado na alimentação humana de maneira discreta, sendo chamado no Egito Antigo de "o pó que dá a vida". Registros históricos indicam que figuras como Pitágoras e Hipócrates o recomendavam aos seus pacientes, por suas propriedades terapêuticas. Evidências arqueológicas demonstram que povos indígenas da América do Norte já consumiam pólen entre os anos de 1400 e 200 a.C. (Campos *et al.*, 2008; Gabriele *et al.*, 2015). O reconhecimento científico de seu valor biológico e terapêutico, contudo, consolidou-se apenas no século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial (Campos *et al.*, 2010).

O pólen de abelha é produzido quando as abelhas coletam grãos de pólen de plantas de interesse apícola e os aglutinam usando secreções salivares, néctar e/ou mel, criando bolotas que são armazenadas nos alvéolos da colmeia. Esse processo é essencial para o desenvolvimento e a manutenção das colônias, já que o pólen é a principal fonte de proteínas na dieta das abelhas. Além disso, ele também serve como uma fonte de outros macro e micronutrientes que garantem a saúde e o crescimento adequado da colônia (Ares *et al.*, 2022; Giampieri *et al.*, 2022).

A composição do pólen de abelha é altamente variável e depende de fatores como a origem vegetal do pólen, a espécie de abelha, a região geográfica e a estação do ano em que ele é coletado. Mesmo com essa variabilidade, continua sendo considerado um dos melhores produtos alimentares do mundo, devido à sua riqueza em nutrientes essenciais e compostos funcionais, o que tem atraído o interesse de pesquisadores (Giampieri *et al.*, 2022; Kieliszek *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2018).

A coleta do pólen realizada pelas abelhas operárias é um trabalho intensivo. Essas se utilizam das suas mandíbulas e pernas para manipulação dos grãos, aglutinando-os e fixando-os nas corbículas. Muitas vezes, a quantidade de pólen obtida em uma única flor é pequena e há a dificuldade de remoção desses grãos, exigindo, em vários momentos, adaptações morfológicas ou comportamentais. Além disso, alguns grãos de pólen podem conter baixo teor proteico, ser deficiente em algum nutriente ou possuir metabólitos secundários prejudiciais, tais como alcaloides, lactonas, diterpenos ou glicosídeos cianogênicos (Sedivy *et al.*, 2012; Gosselin *et al.*, 2013; Eckhardt *et al.*, 2014).

Para os seres humanos, o consumo regular de pólen de abelha desidratado tem demonstrado inúmeros benefícios à saúde, tornando-o recomendado como um excelente suplemento dietético. Seus efeitos benéficos incluem a melhora do metabolismo celular, o fortalecimento dos músculos, a regulação de funções bioquímicas e a capacidade de combater o desgaste físico e mental extremo (Sanyal *et al.*, 2023). Além de suas propriedades nutricionais e terapêuticas, o pólen de abelha desidratado tem se destacado como um ingrediente biotécnico funcional, sendo utilizado para enriquecer a qualidade de diversos produtos alimentícios. Ele pode ser adicionado a produtos como iogurte, queijo, pão e bebidas fermentadas, melhorando suas características funcionais. Assim, ele tem sido adotado como aditivo em formulações biomédicas, como biotintas, biopolímeros e na engenharia de tecidos, bem como na formulação de nanopartículas, explorando suas propriedades funcionais em aplicações avançadas (Sanyal *et al.*, 2023).

O pólen do mel reflete sua origem botânica, pois cada espécie botânica possui flores com um tipo de pólen específico, permitindo a identificação das fontes florais do néctar do mel. As fontes florais que as abelhas utilizam na produção de mel podem ser identificadas pela melissopalínologia, uma ferramenta útil para identificar a presença, ausência, tipo e quantidade de pólen de determinadas espécies botânicas que as abelhas utilizam, indicando seu potencial para a criação de abelhas (Louveaux *et al.*, 1978; Silva & Santos, 2014).

Todo grão de pólen apresenta uma estrutura complexa e especializada, sendo composto por uma parede dupla que desempenha papel crucial na proteção e conservação dos nutrientes essenciais. Internamente, essa parede é constituída principalmente por carboidratos estruturais, como celulose e pectina, conferindo-lhe resistência e estabilidade. Na camada externa, encontram-se predominantemente lipídeos e pigmentos específicos, além da esporopolenina, um polímero excepcionalmente resistente às ações mecânicas, térmicas e à degradação biológica e química. Essa camada externa rígida protege o conteúdo interno do pólen contra desidratação, radiação ultravioleta e ataques microbianos, garantindo sua integridade durante o transporte ambiental e facilitando sua preservação nas colmeias das abelhas (Denisowa; Denisow-Pietrzykb, 2016).

Com base nesse conhecimento, a palínologia surge como ciência que estuda os grãos de pólen, subdividida em diversas áreas como aeropalínologia, entomopalínologia, iatropalínologia, melissopalínologia, entre outras (Alotaibi *et al.*, 2020; Barth, 2013). As diferenças morfológicas nos grãos de pólen possibilitam sua análise com base em variáveis como polaridade, simetria, aberturas e ornamentação da parede (Barth, 2004).

Análises palinológicas podem ser feitas a partir do pólen estocado em potes de cerume, da melissopalinologia (resíduos de pólen no mel) e das cargas de pólen trazidas nas corbículas (Barth, 1989; Barth, 2004; Rech; Absy, 2011). Mesmo que as diferenças entre grãos sejam invisíveis a olho nu, no nível microscópico é possível observar sua morfologia detalhada (Serrano, 2014).

Técnicas modernas de inteligência computacional também estão sendo aplicadas para prever a origem botânica e estimar a composição química do pólen (Anjos *et al.*, 2015; Gonçalves *et al.*, 2017). A melissopalinologia tem sido amplamente usada na identificação da flora visitada pelas abelhas (Paredes; Bryant, 2020; Matos; Santos, 2017; Silva; Santos, 2014). Ela fornece informações sobre preferências de forrageamento, fenologia floral, sobreposição de recursos, interações planta-abelha e planejamento de paisagens (Maia-Silva *et al.*, 2018).

Na Caatinga, estudos palinológicos têm permitido compreender desde a biologia reprodutiva até a dinâmica de recursos apícolas e evolução dos ecossistemas (Santos, 2017; Medeiros 2017) observou diversidade de tipos polínicos mesmo na estiagem, com predominância de Fabaceae e Euphorbiaceae.

A análise palinológica recente de diversas espécies do gênero *Mimosa* revelou significativa diversidade nos padrões morfológicos dos grãos de pólen, com predominância de unidades em tétrades, além de arranjos com 8, 12 ou 16 grãos (poliades). Essas diferenças estruturais, especialmente quanto à organização dos grãos e características da ornamentação da exina, apresentam relevância ecológica direta, influenciando as interações com polinizadores como *A. mellifera* e outras abelhas nativas na Caatinga, principalmente em condições ambientais adversas (Liau-Kang *et al.*, 2024).

Um levantamento abrangente realizado por Souza, Abreu & Novais, (2018) inventariou 133 publicações científicas sobre melissopalinologia no Brasil entre 2005 e 2017, identificando 1.362 tipos polínicos distribuídos em 130 famílias botânicas, com destaque para Fabaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Myrtaceae e Malvaceae.

Correia, Francisco & Peruquetti (2017) destacam que a palinologia desempenha um papel fundamental, não somente em estudos ecológicos, mas também é importante ferramenta na identificação de espécies botânicas. A palinologia baseia-se no estudo das características morfológicas dos grãos de pólen e na comparação entre eles. Os conhecimentos de morfologia polínica permitem realizar estudos quanto à identificação dos táxons correspondentes em nível de gênero, de família ou de táxons superiores. Alguns caracteres morfológicos possuem grande

importância na identificação de espécies, como as unidades polínicas, as aberturas e as esculturas da parede (Domingues & Bitar, 2014). A terminologia utilizada na palinologia tem sido reconhecida como um desafio para aqueles que não são experientes no assunto. Nesse sentido, Punt *et al.*, (2007) elaboraram um glossário para simplificar a aplicação dos termos palinológicos.

Portanto, os estudos palinológicos têm valor inestimável tanto para o entendimento ecológico e evolutivo quanto para a aplicação prática em sistemas produtivos, como a apicultura e meliponicultura, especialmente em regiões semiáridas como a Caatinga.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização do experimento

O estudo foi conduzido no Apiário Experimental e Meliponário Paulo Meneses, situado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada na comunidade de Alagoinha, zona rural de Mossoró/RN, com as coordenadas 5°03'54.45" S e 37°24'03.64" W, com altitude aproximada de 72 metros (Figura 1).

A fazenda possui uma área total de aproximadamente 416 hectares, dos quais 60% são destinados à criação de uma Reserva Legal, que abriga remanescentes do bioma Caatinga. A propriedade está inserida na região da Chapada do Apodi, especificamente na depressão sertaneja setentrional, dista 15 km do centro de Mossoró-RN (Maia-Silva, 2013).

O solo da Fazenda Rafael Fernandes/UFERSA é classificado em três principais classes pedológicas: Argissolo Vermelho Distrófico típico (P1), Latossolo Vermelho Distrófico argissólico (P2) e Plintossolo Argilúvico Eutrófico típico (P3), conforme levantamento realizado por (Rêgo *et al.*, 2016).

Segundo a classificação climática de Köppen, a região apresenta um clima do tipo BSw_h, caracterizado como semiárido quente, com estação chuvosa curta e mal distribuída ao longo do ano. A precipitação média anual varia entre 500 e 800 mm, sendo a vegetação predominante composta por Caatinga hipoxerófila, com espécies caducifólias e espinhosas (Velloso *et al.*, 2002).

Figura 1: Entrada da Fazenda Experimental da UFERSA, local onde foram realizadas as coletas das plantas e dos grãos de pólen da *A. mellifera* e *M. subnitida*.



Fonte: autoria própria

5.2 Desenvolvimento experimental

5.2.1 Amostragem para coleta do pólen

A amostragem de pólen foi realizada entre março a dezembro de 2024, no Apiário Experimental e no Meliponário Paulo Menezes, ambos situados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), na zona rural de Alagoinha, município de Mossoró-RN (Figura 2).

Foram selecionadas aleatoriamente cinco colônias de *Apis mellifera* e cinco colônias de *Melipona subnitida* para a coleta de pólen. No caso de *M. subnitida*, a escolha das colônias considerou critérios como maior número de indivíduos, abundância de discos de cria e aspecto geral de vigor, de modo a garantir representatividade e regularidade na coleta de amostras. Embora não tenha sido realizada a remoção completa dos estoques internos de pólen, optou-se por realizar as coletas em colônias com intensa atividade forrageira, priorizando o material recém-introduzido pelas operárias. Essa abordagem buscou minimizar interferências de amostras armazenadas anteriormente, favorecendo a análise de pólen fresco.

Figura 2: Meliponário Paulo Menezes, localizado na Fazenda Experimental da UFERSA, zona rural de Mossoró-RN, onde foram coletadas amostras de pólen fresco de *Melipona subnitida*.



Fonte: autoria própria.

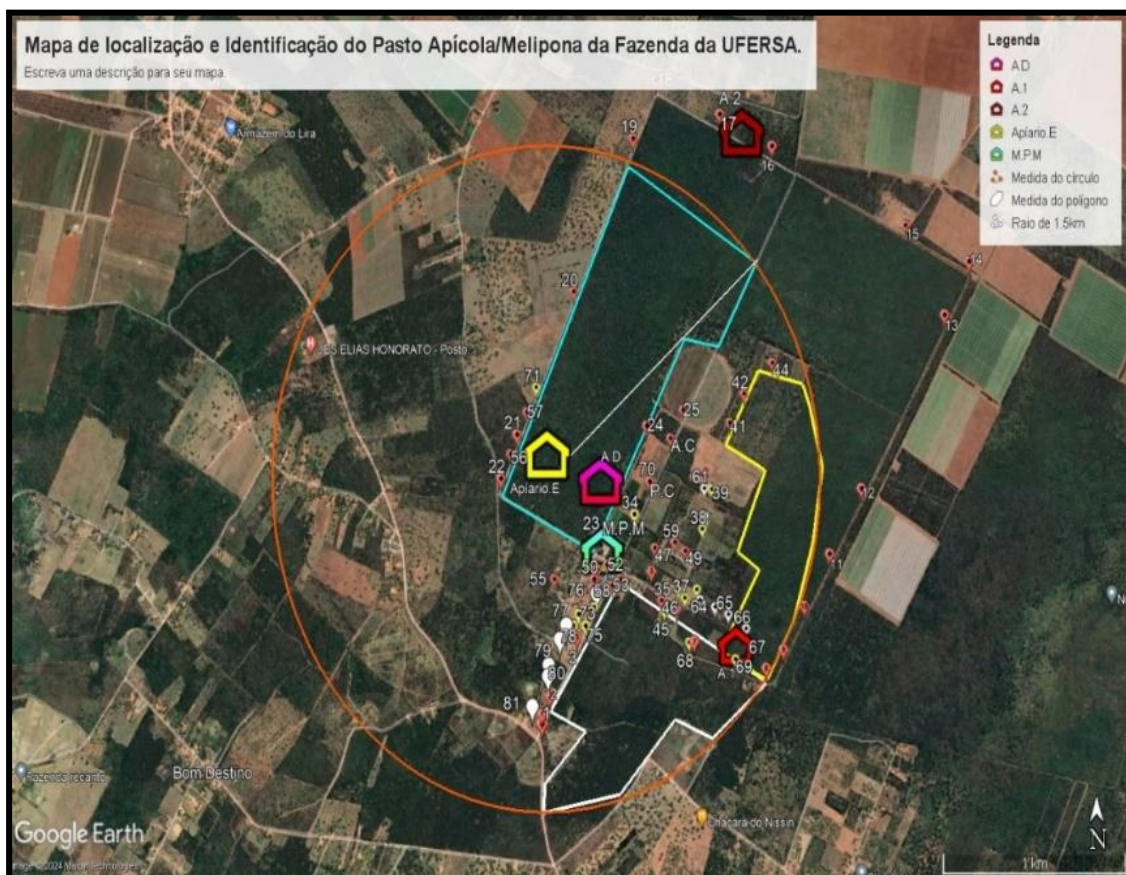
5.2.2 Coleta das plantas em floração

A coleta de plantas em floração foi realizada semanalmente entre os meses de março a dezembro de 2024, totalizando quatro visitas por mês. O objetivo dessa atividade foi inventariar e identificar as espécies botânicas em floração na área de estudo, bem como caracterizar os recursos florais efetivamente utilizados por *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*. Inicialmente, foram realizadas observações visuais em campo, seguidas de coleta botânica e registro fotográfico das espécies em floração, as exsicatas das plantas foram encaminhadas para o herbário Dárdano de Andrade Lima da (UFERSA). Para cada planta registrada, foram anotados o mês de florescimento e o tipo de recurso floral explorado pelas abelhas (néctar e/ou pólen). Essas informações constituem a base para a elaboração de um calendário apícola e meliponícola, o qual visa subsidiar práticas de manejo mais eficientes das colônias e da vegetação, permitindo o planejamento estratégico da oferta floral ao longo do ano.

A amostragem das espécies vegetais foi conduzida por meio da metodologia de transectos, com delimitação de um raio de 1,5 km a partir do ponto central do apiário, distância

esta fundamentada em estudos que indicam o alcance médio de forrageamento de *A. mellifera* e de 600m para *Melipona subnitida*. Os percursos foram realizados semanalmente, nos sentidos Norte–Sul e Leste–Oeste, entre 5h00 e 17h00. Durante o trajeto, foi feito o registro fotográfico de todas as espécies em floração, considerando sua ocorrência ao longo dos transectos previamente estabelecidos (Figura 3).

Figura 3: Fotografia aérea da área de estudo na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), Mossoró/RN, onde foram realizadas as coletas de grãos de pólen utilizados por *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*,



Fonte: Google Earth.

5.2.3 Coleta de Pólen da *Apis mellifera*

A coleta de pólen de *Apis mellifera* foi realizada mensalmente entre março e dezembro de 2024, utilizando colmeias do tipo Langstroth. Para esse procedimento, foram instalados cinco coletores de pólen do tipo frontal (Figura 4B), os quais consistem em estruturas acopladas à entrada das caixas-ninho, compostas por uma tela perfurada com orifícios de aproximadamente 4,5 mm de diâmetro e uma bandeja coletora posicionada abaixo. Essa malha permite a passagem das abelhas operárias, mas retém as bolotas de pólen transportadas nas

corbículas durante o retorno do forrageamento. Durante as coletas foi possível observar uma redução na entrada de grãos de pólen no período de maior escassez de alimento nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro. Os coletores foram instalados às 5h30min e removidos às 17h30min, abrangendo todo o período de atividade forrageira diária. As amostras obtidas em cada mês foram submetidas a homogeneização e limpeza prévia, a fim de remover impurezas antes da análise laboratorial.

Figura 4: (A) Placa de identificação da área experimental; (B) Colmeia do tipo Langstroth com coletor de pólen frontal acoplado; (C) Pólen apícola *in natura* coletado na bandeja; (D) Amostras de pólen identificadas e acondicionadas em tubos tipo falcon.



Fonte: autoria própria.

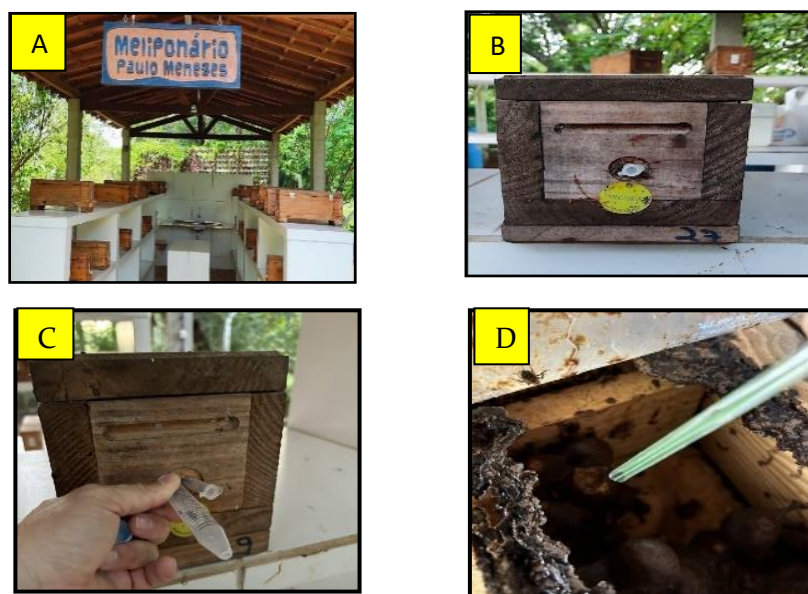
5.2.4 Coleta de pólen fresco de *Melipona subnitida* (Jandaira)

A coleta de pólen fresco das abelhas sem ferrão *Melipona subnitida* foi realizada mensalmente, utilizando colmeias do tipo Nordestina (Figura 5A). Para garantir a representatividade das amostras foram realizadas durante os principais períodos de forrageamento da espécie, ocorrendo entre 5h00 e 7h00 (primeiro pico) e entre 16h00 e 18h00 (segundo pico) (Maia-Silva *et al.*, 2018). O procedimento de coleta consistiu nas seguintes etapas:

- I- Vedação da entrada da colônia: A entrada da caixa foi temporariamente bloqueada com o uso de tubos ependorf, cera, geoprópolis ou outro material compatível, impedindo a entrada imediata das operárias com pólen (Figura 5B).
- II- Captura das operárias forrageiras: As abelhas retornando à colônia, portando bolotas de pólen nas corbículas, foram capturadas com tubos Falcon, evitando perdas ou contaminações (Figura 5C).
- III- Indução ao relaxamento: As abelhas capturadas foram colocadas em caixas térmicas contendo gelo, o que induziu um estado de relaxamento temporário, permitindo a remoção das bolotas de pólen sem comprometer a integridade das abelhas.
- IV- Reintrodução das abelhas na colônia: Após a remoção do pólen, as operárias foram cuidadosamente liberadas de volta à colônia, minimizando impactos comportamentais ou fisiológicos sobre os indivíduos e a colônia.

Para a remoção do pólen interno da jandaira, utilizou-se um canudo de plástico (Figura 5D), foram coletados aproximadamente 2 a 3 gramas de pólen diretamente dos potes armazenados no interior das colônias selecionadas de *Melipona subnitida*, conforme descrito por Nascimento (2020).

Figura 5: (A) Área do meliponário Paulo Menezes, local das coletas; (B) Caixa modelo nordestina fechada para coleta do pólen externo; (C) Operária de *M. subnitida* com pólen nas corbículas; (D) Procedimento de coleta do pólen interno



Fonte: autoria própria

Todo o material coletado foi acondicionado em tubos Falcon devidamente etiquetados, contendo informações essenciais como o tipo de amostra, mês de coleta e espécie de abelha correspondente a 5 (cinco) coletas de *Apis mellifera* e 15 (coletas) sendo 10(dez) coletas das corbículas e 5 (cinco) de potes interno de *M. subnitida*, as amostras passaram por um processo inicial de limpeza e remoção de impurezas, sendo então armazenadas em congelador até o momento do transporte. Posteriormente, o material foi encaminhado ao Laboratório de Ecologia da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), onde foi submetido às análises laboratoriais para identificação palinológica.

5.2.5 Análises do Laboratório

Para a montagem do laminário palinológico, todo o material polínico proveniente das colônias de *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* coletado na área de estudo foi processado para a confecção de lâminas permanentes. Utilizou-se gelatina glicerinada de Kaiser, nas formas clorada com fucsina e não clorada, sendo todas as lâminas seladas com parafina para garantir sua durabilidade. Cada lâmina foi devidamente etiquetada com informações relativas à origem da amostra, data de coleta e espécie de abelha correspondente (Figura 6).

A identificação qualitativa dos grãos de pólen foi realizada com base nas características morfológicas observadas, como polaridade, forma, tamanho, ornamentação da exina e número de aberturas. Para garantir a precisão da identificação, foram utilizadas referências da literatura especializada, como Barth, (2009), Albuquerque *et al.*, (2017), Oliveira & Santos (2014), além da consulta à base de dados da Rede de Catálogos Polínicos Online – RCPOL (2024).

A preparação do laminário de referência com os grãos de pólen frescos coletados diretamente dos coletores frontais de *A. mellifera* e dos potes de saburá e corbículas das campeiras de *M. subnitida* seguiu a metodologia descrita por LOUVEAUX *et al.*, (1970), com a adaptação para técnica a fresco, sem o uso de acetólise. Nesse método, o pólen foi depositado sobre lâminas contendo gelatina clorada e não clorada com fucsina, sendo então recoberto com lamínula e selado nas extremidades com parafina, a fim de evitar contaminações e prolongar a vida útil das lâminas.

Para cada amostra de pólen, foram preparadas duas lâminas, cujos grãos foram analisados em microscópio óptico Leica DM 500. As análises foram realizadas sob objetiva de 5x, 10x, 40x e 100x, sendo utilizada imersão em óleo para a objetiva de 100x, o que permitiu maior detalhamento das estruturas polínicas. Os registros fotográficos foram realizados nas mesmas ampliações, possibilitando a documentação visual dos grãos observados.

Figura 6: Procedimento de montagem das lâminas de pólen fresco de *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*.



Fonte: autoria própria

5.3 Análise de dados

A análise estatística foi realizada com base nos dados obtidos ao longo de dez meses de coleta, entre março e dezembro de 2024, com o objetivo de comparar os tipos polínicos coletados por *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*, bem como avaliar o grau de sobreposição de nicho polínico entre essas espécies. Para isso, foi construída uma matriz binária de presença e ausência dos tipos polínicos identificados, em que cada linha representava uma amostra mensal por espécie e cada coluna correspondia a um tipo polínico distinto. Essa matriz composta por 10 (dez) meses de coletas, em 02 (duas) espécies de abelhas *A. mellifera* e *M. subnitida*, em 05 (cinco) colônias de cada, na jandaira as coletas foram realizadas nos picos de forrageamento nos dois horários (05h:00 as 07h:00) e das 16h:00 as 18h:00), serviu como base para o cálculo do índice de similaridade de Jaccard, uma métrica adequada para dados qualitativos, que expressa a proporção de itens compartilhados entre dois conjuntos em relação ao total observado. Valores próximos de 1 indicam alta similaridade entre as amostras, enquanto valores próximos de 0 indicam baixa similaridade. Além disso, foi aplicada a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA), com 9999 permutações e matriz de

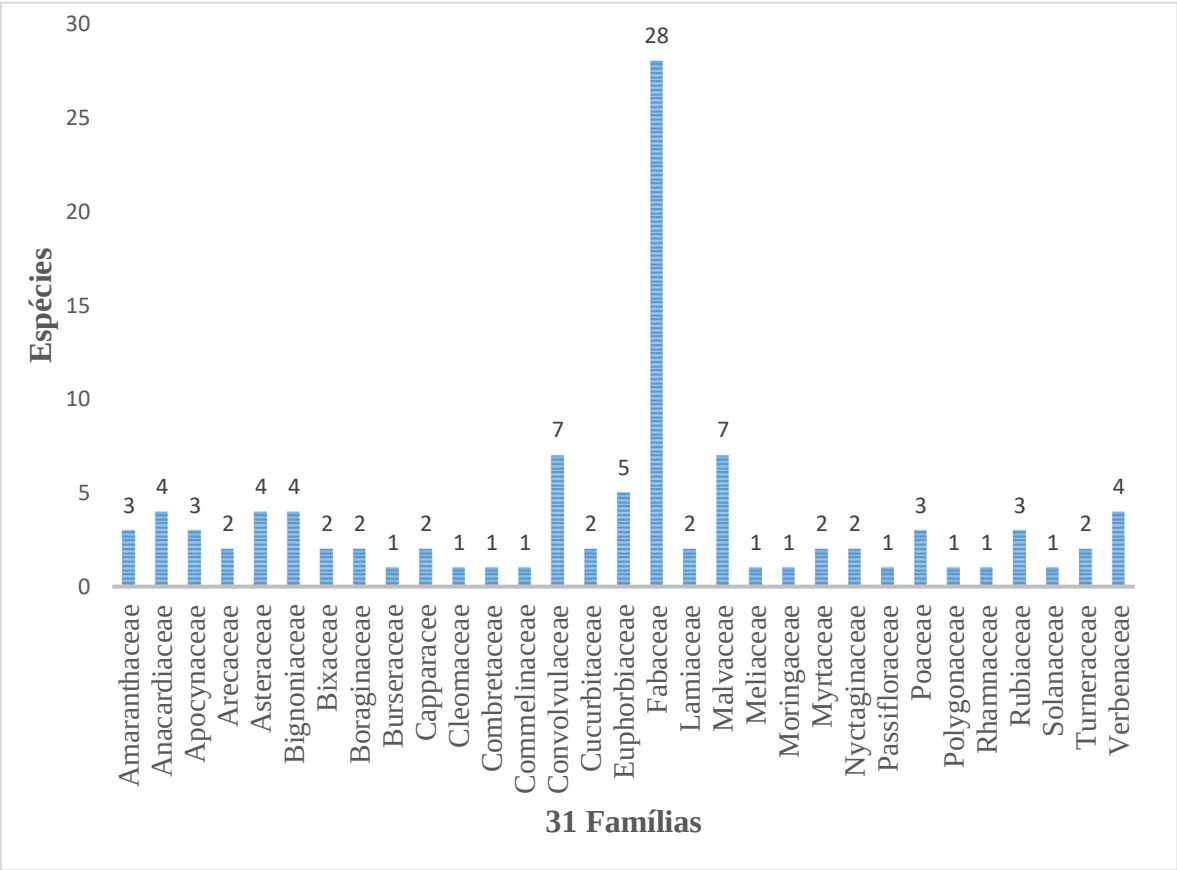
dissimilaridade baseada no índice de Jaccard, a fim de testar a significância estatística das diferenças na composição polínica entre os grupos amostrados. Todas as análises foram conduzidas no software PAST® (HAMMER; HARPER; RYAN, 2001), amplamente utilizado em estudos ecológicos.

6. RESULTADOS

6.1 Levantamento Florístico e Oferta de Recursos Florais

Durante o período de março a dezembro de 2024, foi realizado um levantamento florístico na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), com o objetivo de identificar os recursos florais disponíveis para *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*. Esse levantamento revelou uma expressiva riqueza vegetal, com a identificação de 103 espécies de angiospermas pertencentes a 31 famílias botânicas. A Fabaceae apresentou conforme a (Figura 7) maior número de espécies, seguida por Malvaceae, Convolvulaceae. As famílias em destaque são frequentemente associadas à flora apícola e meliponícola do semiárido brasileiro.

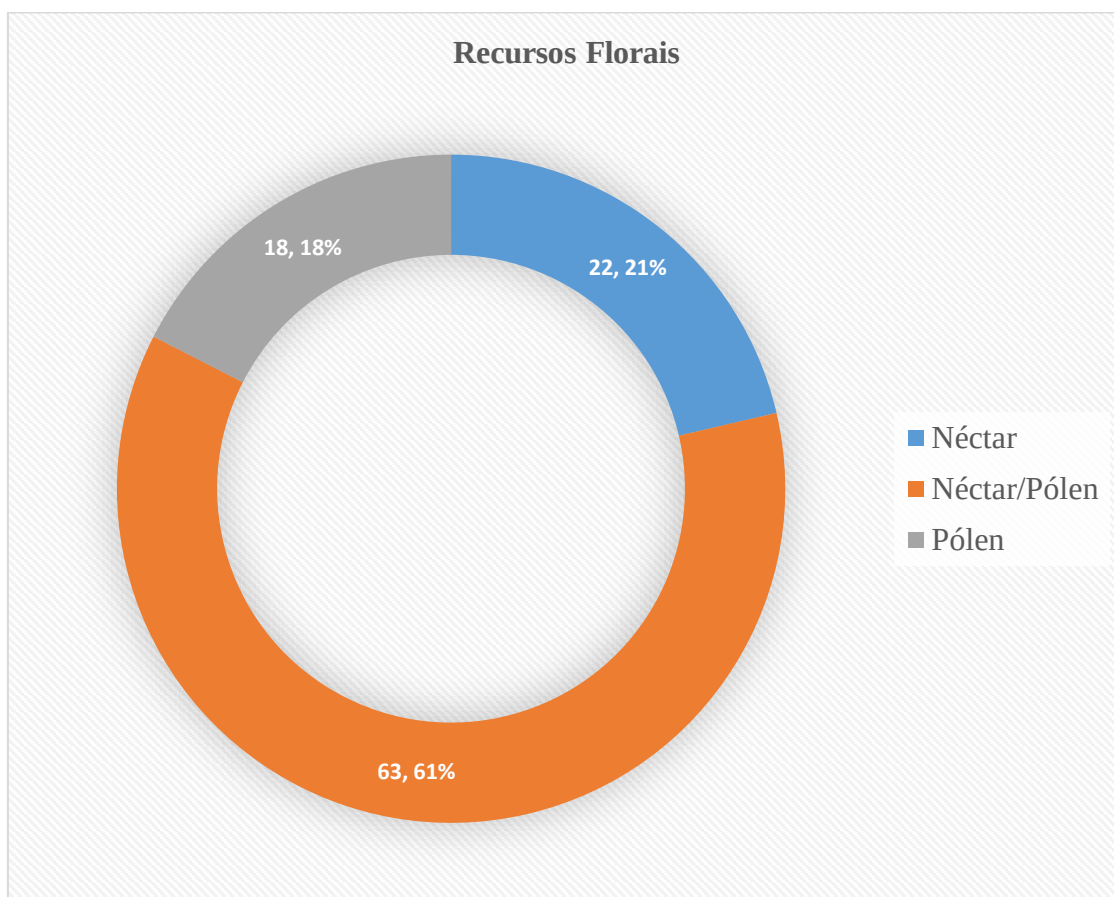
Figura 7. Espécies botânicas, distribuídas em famílias, presentes no levantamento florístico da caatinga, que são visitadas pelas abelhas *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* em Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.



Fonte: autoria própria.

A Figura 8 apresenta a proporção dos recursos florais disponibilizados pelas plantas visitadas ao longo do período de estudo. Observa-se que a maioria das espécies botânicas ofertou simultaneamente néctar e pólen (63 espécies, representando 61% do total), evidenciando sua importância como fonte alimentar completa para as abelhas. Já as espécies que ofertaram exclusivamente néctar corresponderam a 21% (22 espécies), enquanto as que forneceram apenas pólen somaram 18% (18 espécies).

Figura 8: Proporção dos recursos florais disponibilizados pelas espécies botânicas da caatinga, visitadas pelas abelhas *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* em Mossoró, de março a dezembro de 2024.

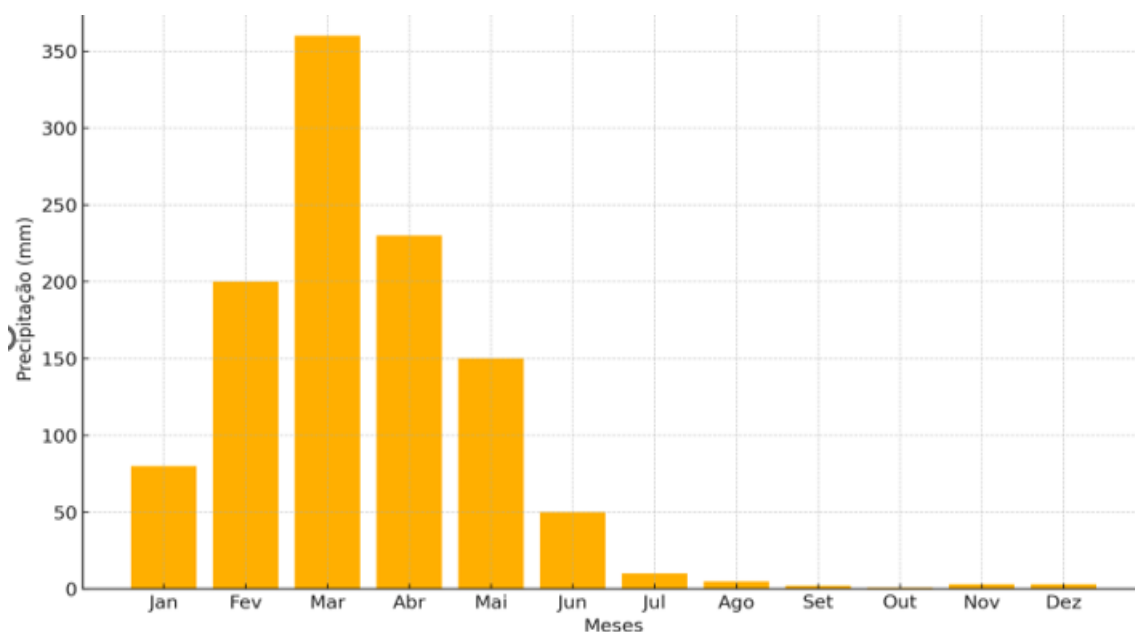


Fonte: autoria própria.

Considerando que a época de floração depende diretamente da precipitação pluviométrica, observou-se que o volume de chuvas durante 2024 foi de 1.024mm e distribuídos mensalmente de forma irregular, com uma forte concentração das chuvas entre fevereiro e junho, com pico em março, caracterizando uma sazonalidade típica do regime pluviométrico no semiárido nordestino (Figura 9).

Essa concentração de chuvas nos primeiros meses do ano influencia diretamente a fenologia da vegetação local, promovendo a floração e a produção de recursos florais como néctar e pólen. Consequentemente, esse período corresponde ao auge da atividade das abelhas, especialmente na coleta de recursos e no desenvolvimento das colônias. Após o mês de maio, com a redução drástica da precipitação, observa-se uma queda acentuada na disponibilidade de flores, o que pode limitar a atividade forrageadora e exigir estratégias adaptativas por parte das espécies de abelhas.

Figura 9: Distribuição mensal da precipitação pluviométrica em Mossoró-RN, ao longo de 2024.

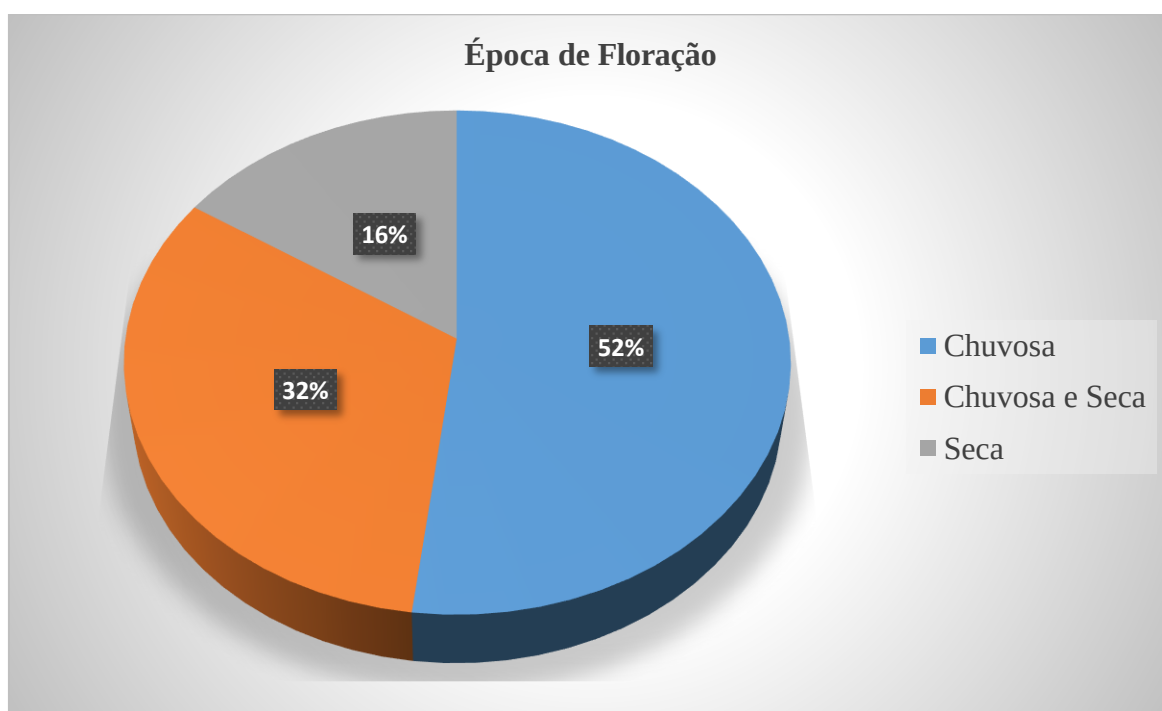


Fonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), 2024.

No tocante à época de florescimento das espécies vegetais de importância apícola e meliponícola na Fazenda Experimental Rafael Fernandes (UFERSA), ao longo das estações chuvosa e seca. Observou-se que a maioria das espécies (52%) floresceu no ano de 2024 exclusivamente durante a estação chuvosa, (Figura 10). Evidenciando a forte dependência hídrica da flora local e a concentração da oferta floral nos meses de maior precipitação (março a junho).

Além disso, 32% das espécies apresentaram floração contínua, ocorrendo tanto na estação chuvosa (janeiro a junho) quanto na seca (julho a dezembro), o que indica uma importante função ecológica dessas plantas como suporte nutricional durante transições sazonais. Já 16% das espécies floresceram exclusivamente na estação seca, sendo fundamentais para a manutenção das colônias em períodos críticos de escassez floral.

Figura 10: Época de floração das espécies vegetais de importância apícola e meliponícola na Fazenda Experimental Rafael Fernandes – UFERSA, ao longo das estações chuvosa e seca em 2024.



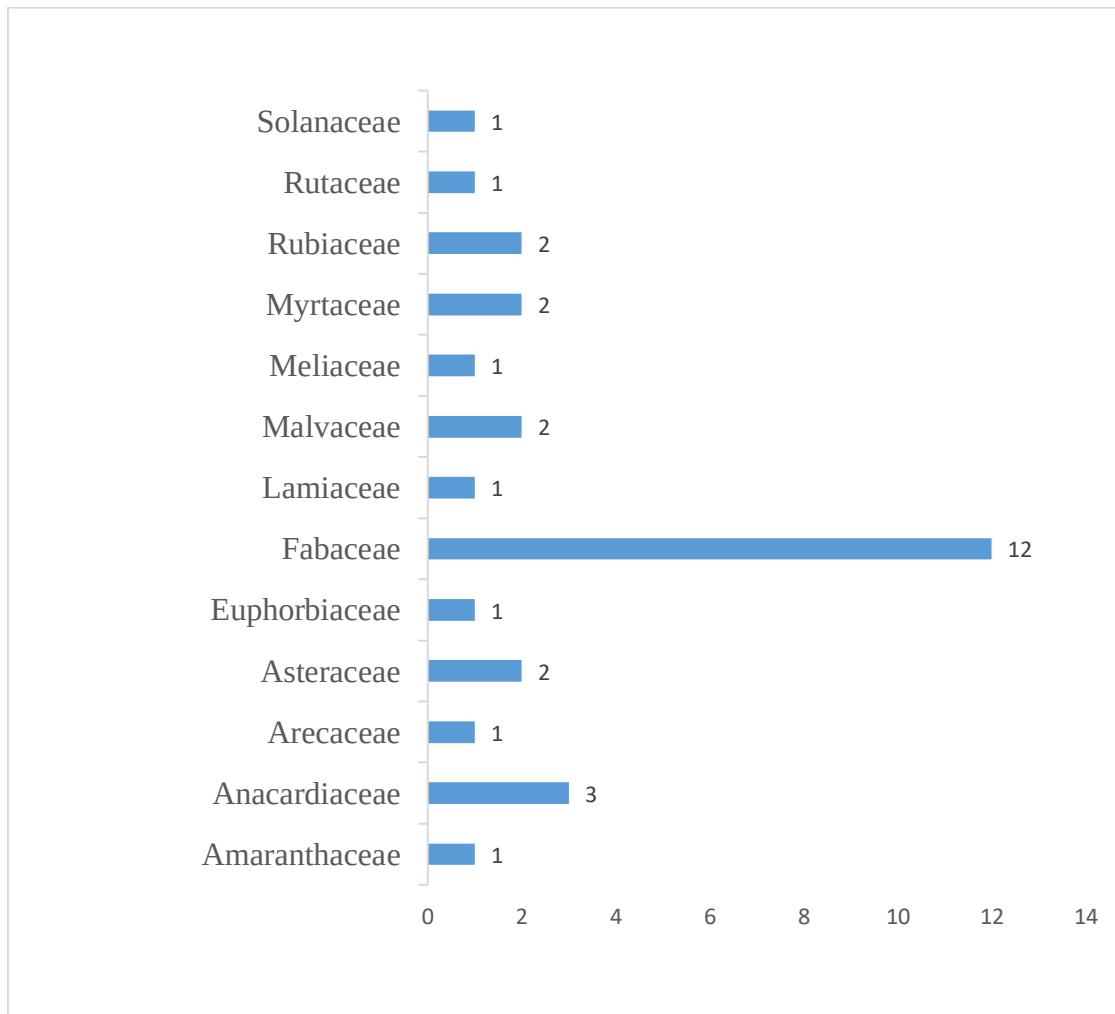
Fonte: autoria própria.

6.2. Tipos Polínicos Identificados

A investigação palinológica de amostras obtidas entre março e dezembro de 2024 constatou a presença de tipos polínicos de 13 famílias botânicas. Entre elas, a Fabaceae exibiu a maior riqueza específica, com 12 espécies identificadas (Figura 11), sublinhando seu papel fundamental como fonte de recursos para abelhas apícolas e meliponícolas na região. A dominância dessa família implica uma provável abundância de oferta floral ao longo do período analisado, o que pode ter consequências significativas para a dieta das abelhas e a estrutura da rede de polinização local. Durante o período de dez meses de coleta, foram obtidas ao todo 178 amostras de pólen, das quais 94 corresponderam ao pólen externo coletado das corbículas de *M. subnitida* (jandaíra), 46 amostras corresponderam ao pólen interno extraído diretamente dos

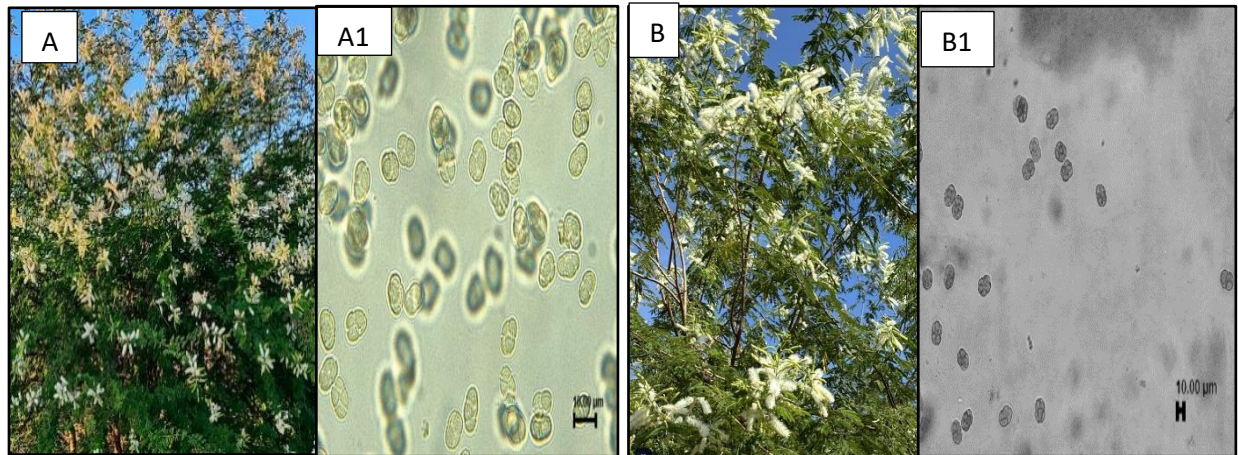
potes dessa espécie, e 38 amostras foram obtidas por meio de coletores frontais instalados na entrada das colmeias de *A. mellifera*.

Figura 11: Quantidade de tipos polínicos encontrados, por família botânica, nas amostras de pólen transportadas nas corbículas das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* na caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.



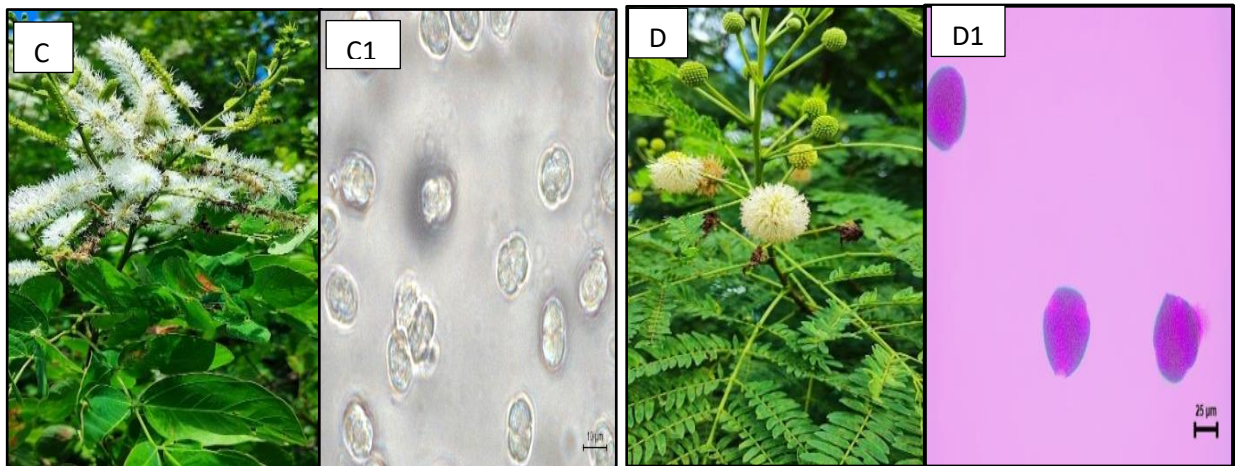
Fonte: autoria própria

Figura 12. Espécies de plantas e tipos polínicos identificados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes – UFERSA, de março a dezembro de 2024, com relevância para a apicultura e meliponicultura.



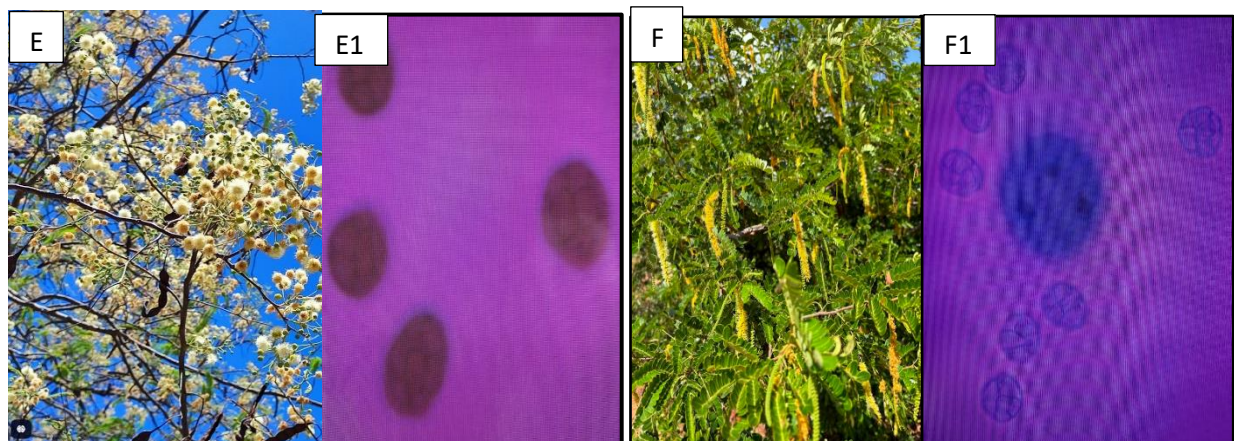
A-A1- *Mimosa tenuiflora*

B-B1 - *Mimosa arenosa*



C- C1- *Mimosa caesalpinhiifolia*

D – D1 -*Leucaena leucocephala*



E-E1 - *Anadenanthera colubrina*

F-F1– *Pityrocarpa moniliformis*

Figura 12. Espécies de plantas e tipos polínicos identificados na Fazenda Experimental Rafael Fernandes – UFERSA, de março a dezembro de 2024, com relevância para a apicultura e meliponicultura (Continuação).

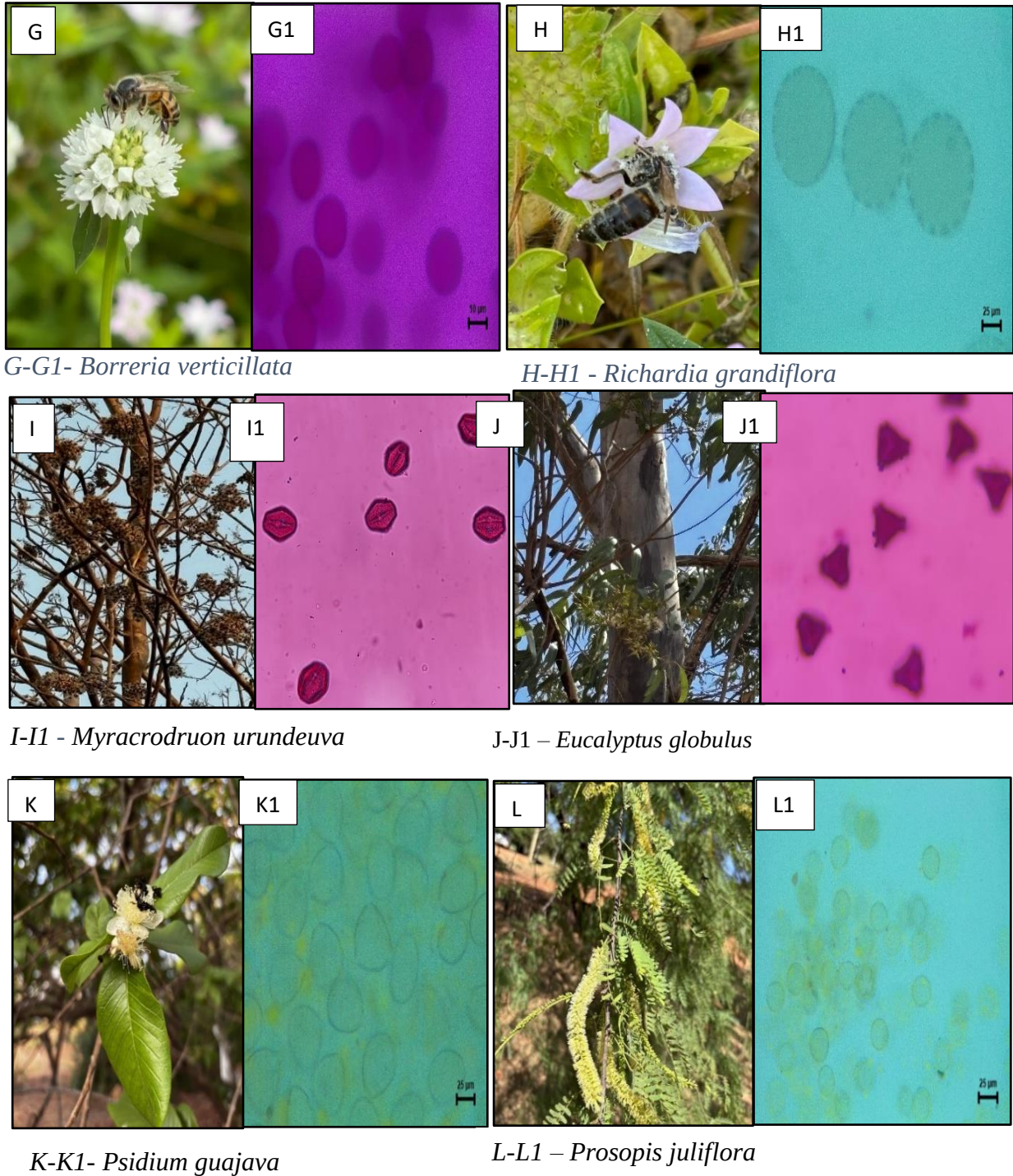
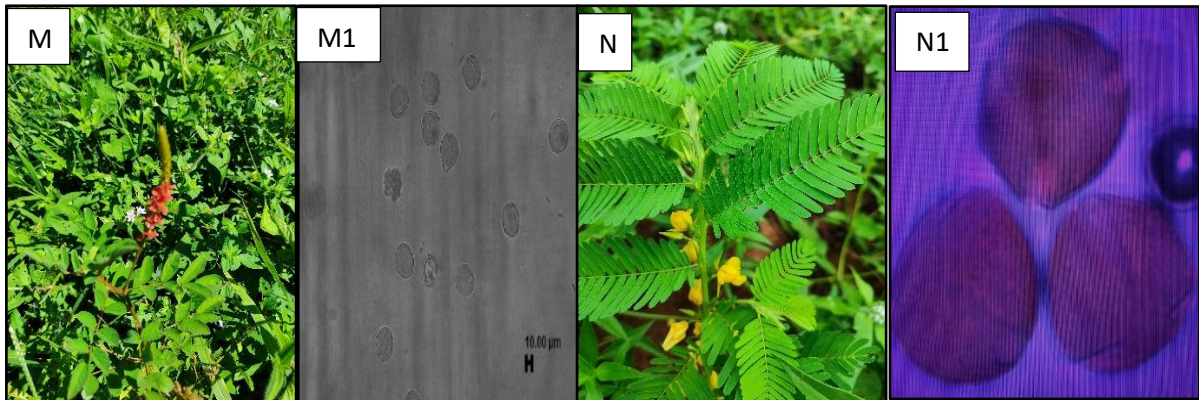
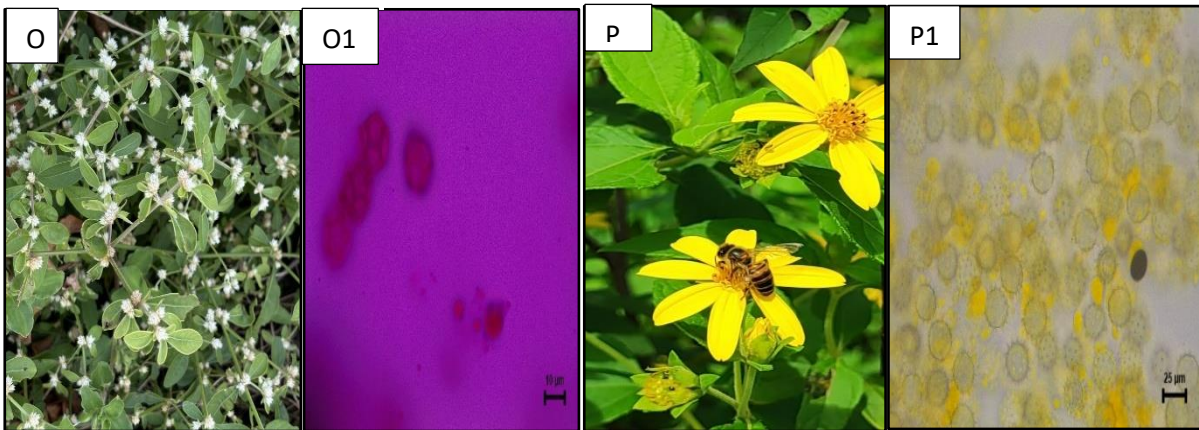


Figura 12. (Continuação).



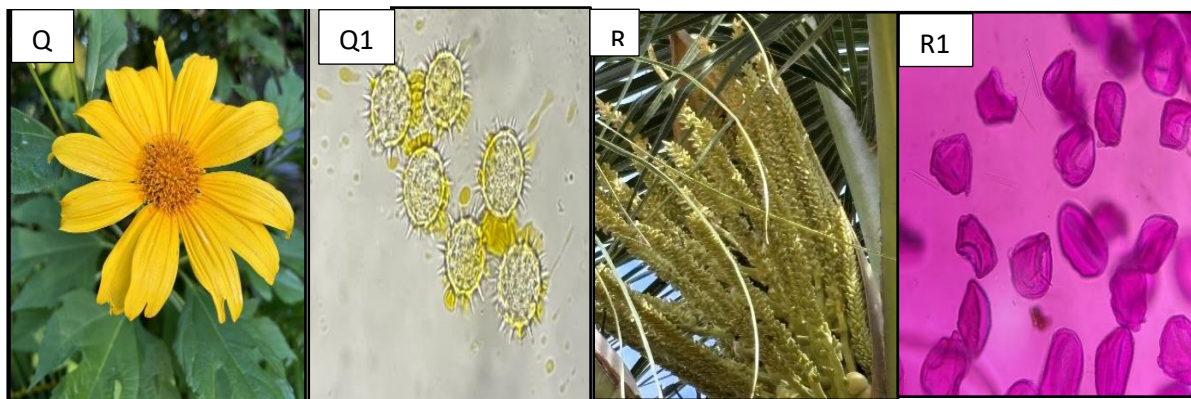
M-M1-*Indigofera hirsuta*

N-N1 – *Chamaecrista nictitans*



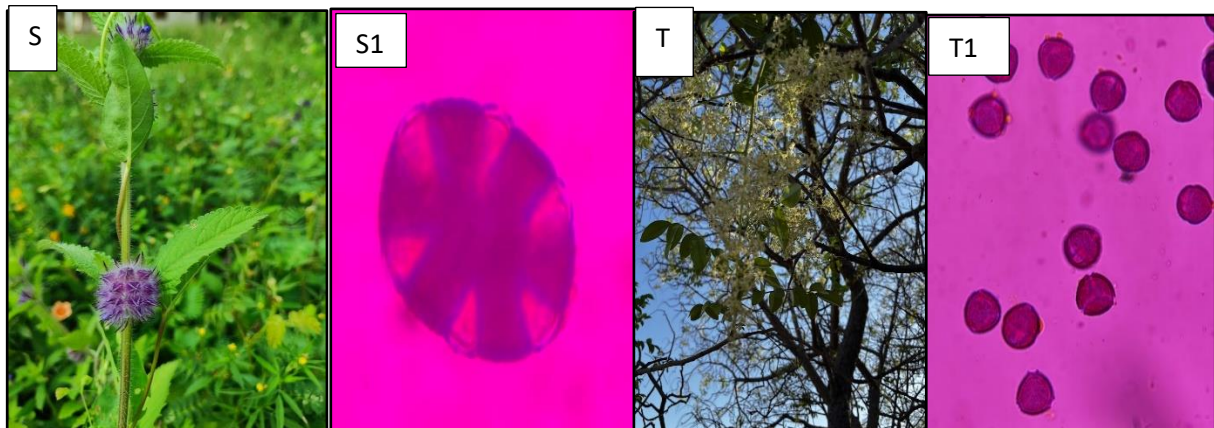
O- O1-*Alternanthera tenella*

P-P1- *Helianthus divaricatus*



Q-Q1 - *Tithonia diversifolia*

R-R1 – *Cocos nucifera*

S-S1 - *Marsypianthes chamaedrys*T-T1 - *Spondias sp*

Fonte: autoria própria

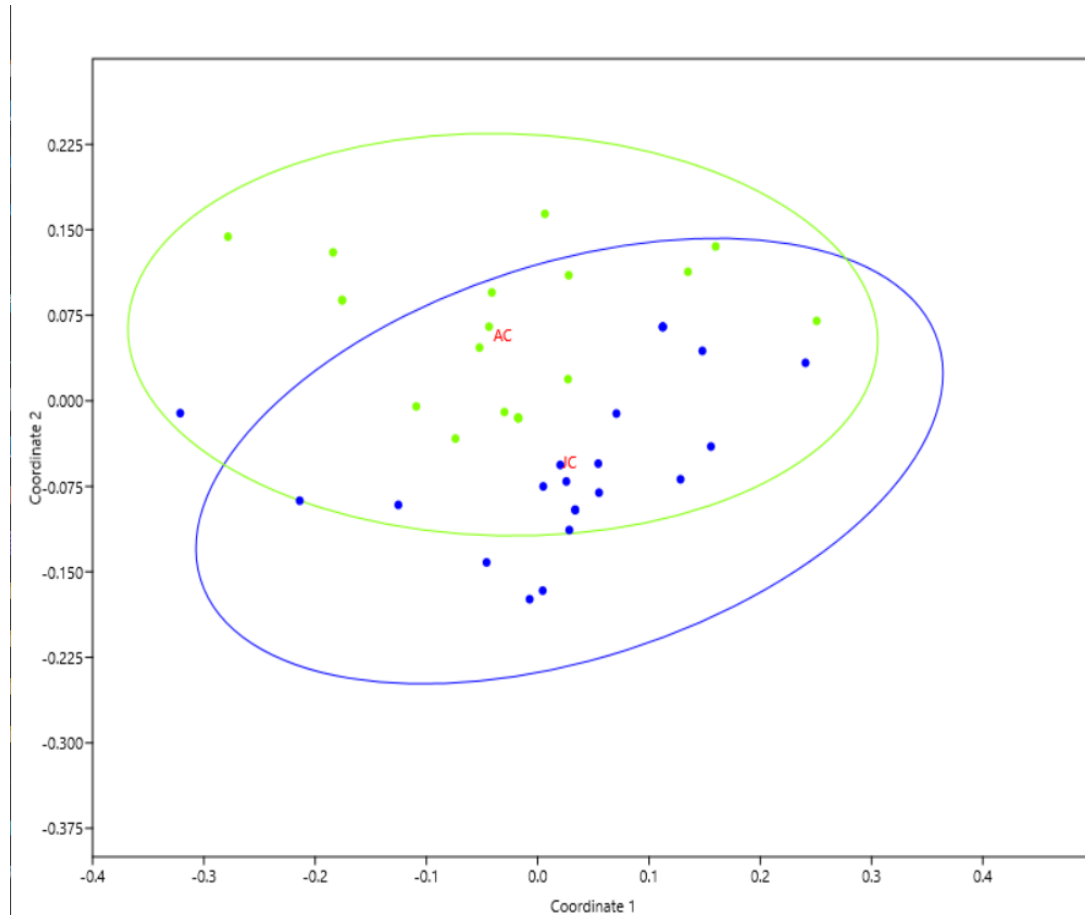
6.3 Sobreposição de Nicho: Período chuvoso

Durante a estação chuvosa na Caatinga, a sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* foi analisada utilizando o Índice de Similaridade de Jaccard. Os resultados, apresentados na (Figura 13), revelaram uma sobreposição moderada (Índice de Jaccard de 07 spp).

A análise da composição do pólen coletado por ambas as espécies foi realizada para determinar o grau de similaridade (ou sobreposição de nicho) ao longo do tempo. Para isso, foi construída uma matriz de presença/ausência, onde cada linha representa uma coleta por espécie de abelha e período (mensal), e cada coluna representa uma espécie botânica identificada a partir dos grãos de pólen. Os dados de abundância ou frequência relativa foram convertidos em dados binários (1 = presente, 0 = ausente) para o cálculo do índice de Jaccard.

A dispersão dos pontos referentes a *A. mellifera* (representados em verde na (Figura 13) sugere uma vasta amplitude de forrageamento, indicando que esta espécie utiliza uma variedade diversificada de fontes de pólen. Em contrapartida, a concentração dos pontos referentes a *M. subnitida* (em azul) em uma região mais restrita do gráfico indica uma maior seletividade nas fontes de pólen utilizadas por esta abelha nativa. Essa especialização pode refletir adaptações a recursos florais específicos da Caatinga. A análise foi processada utilizando o software PAST.

Figura 13: Sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* (AC - pontos verdes) e *Melipona subnitida* (JC - pontos azuis), na Caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024, com base no índice de similaridade de Jaccard.



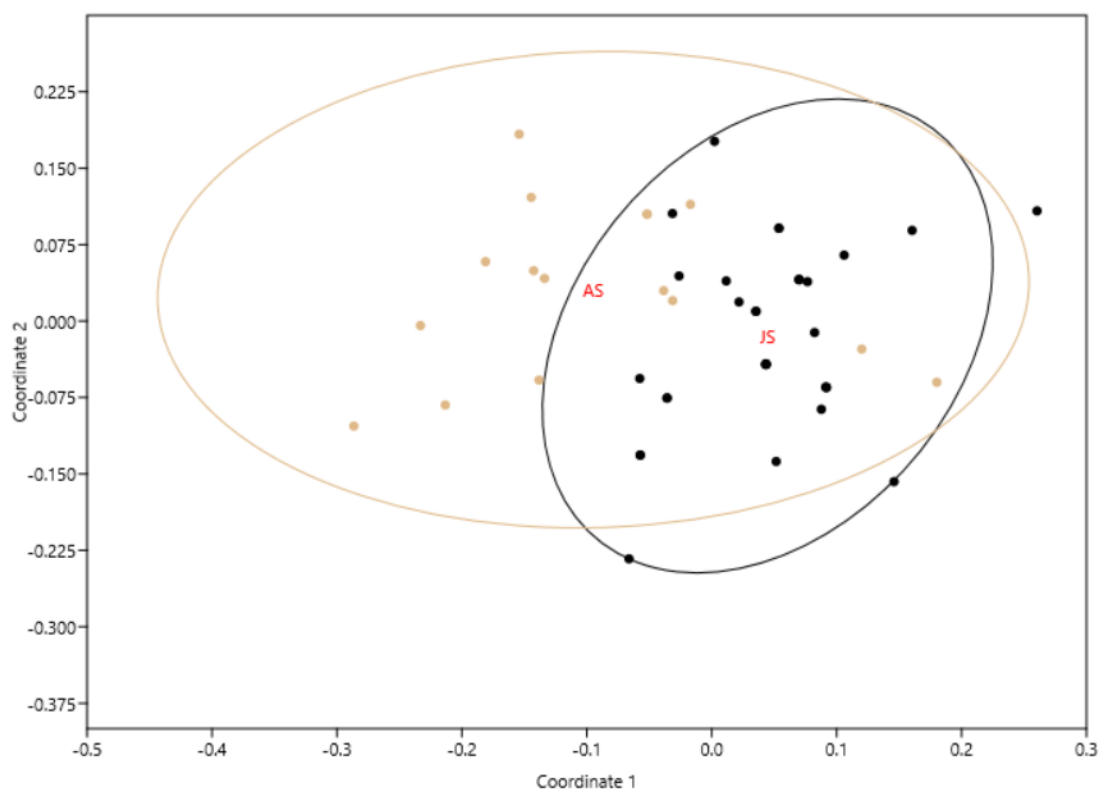
Fonte: autoria própria

6.4 Sobreposição de Nicho: período seco

A Figura 14, observa-se que a área onde as elipses marrom e preto se intersectam visualmente indica a sobreposição de nicho polínico. Os pontos de ambas as cores localizados nessa região sugerem tipos polínicos que foram encontrados nas coletas de ambas as espécies de abelhas. A intensidade da sobreposição é considerada alta, conforme mencionado no texto, o que é corroborado pela considerável área de intersecção das elipses. Os pontos marrons localizados dentro da elipse marrom representam tipos polínicos encontrados apenas nas amostras de *Apis mellifera* durante a estação seca. Similarmente, os pontos pretos localizados fora da elipse preto indicam tipos polínicos exclusivos de *Melipona subnitida*. Ao observar o gráfico, há aproximadamente 3 pontos pretos claramente fora da elipse marrom, sugerindo que *M. subnitida* utilizou cerca de 3 tipos polínicos exclusivos nas amostras coletadas. Essa distribuição espacial reforça a interpretação de que, embora exista partilha de recursos, ambas

as espécies mantêm certo grau de especialização trófica, mesmo durante o período crítico de escassez floral. O elevado grau de sobreposição verificado visualmente é compatível com os valores obtidos pelo índice de Jaccard, demonstrando competição potencial por fontes florais comuns. Isso indica um número significativo de recursos polínicos compartilhados entre as duas espécies durante a estação seca.

Figura 14: Similaridade (Índice Jacard) de nicho polínico entre *Apis mellifera* (AS - marrom) e *Melipona subnitida* (JS - preto) na estação seca, na caatinga de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.



Fonte: autoria própria

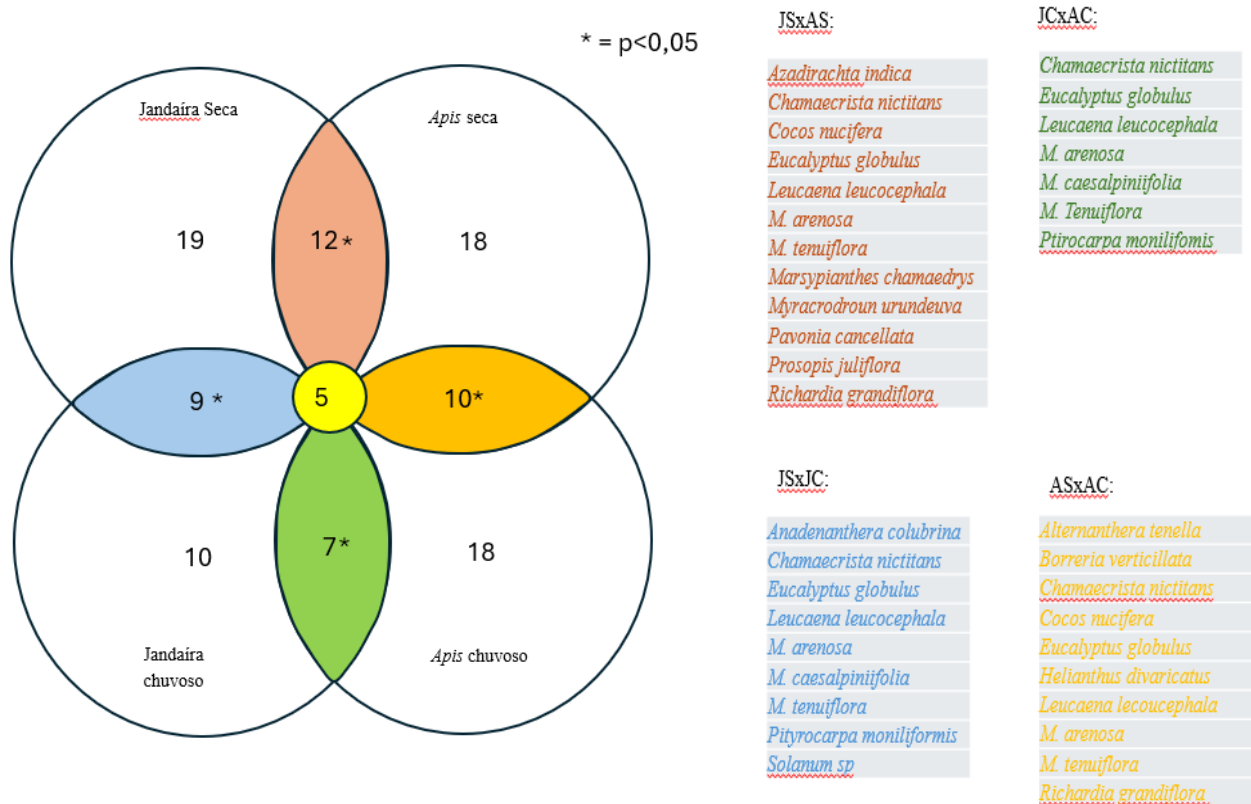
6.5 Interseções de recursos florais entre espécies

A interseção dos recursos florais entre *A. mellifera* e *M. subnitida* analisada através do diagrama de Venn (Figura 15) mostra a distribuição dos tipos polínicos utilizados por estas abelhas durante as estações seca e chuvosa na Caatinga. A análise revela um compartilhamento de 5 tipos polínicos por ambas as espécies em ambas as estações. Na estação seca, observou-se uma sobreposição adicional de 12 tipos polínicos entre as duas espécies ($p < 0,05$). *Apis mellifera* apresentou 18 tipos polínicos exclusivos na seca, enquanto *Melipona subnitida* exibiu 19 tipos polínicos exclusivos no mesmo período.

Na estação chuvosa, a sobreposição interespecífica foi de 7 tipos polínicos ($p < 0,05$). *Apis mellifera* utilizou 18 tipos polínicos exclusivos, e *Melipona subnitida* apresentou 10 tipos polínicos exclusivos ($p < 0,05$).

A análise sazonal para cada espécie demonstrou que *Apis mellifera* compartilhou 10 tipos polínicos entre as estações seca e chuvosa que não foram compartilhados com *Melipona subnitida* em ambas as estações ($p < 0,05$). Para *Melipona subnitida*, foram identificados 9 tipos polínicos comuns às duas estações, mas não compartilhados com *Apis mellifera* em ambos os períodos ($p < 0,05$).

Figura 15. Diagrama de Venn mostrando o número de tipos polínicos compartilhados e exclusivos entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* nas estações seca e chuvosa na Caatinga.



Os números representam a quantidade de tipos polínicos em cada categoria. Asteriscos (*) indicam valores estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: autoria própria.

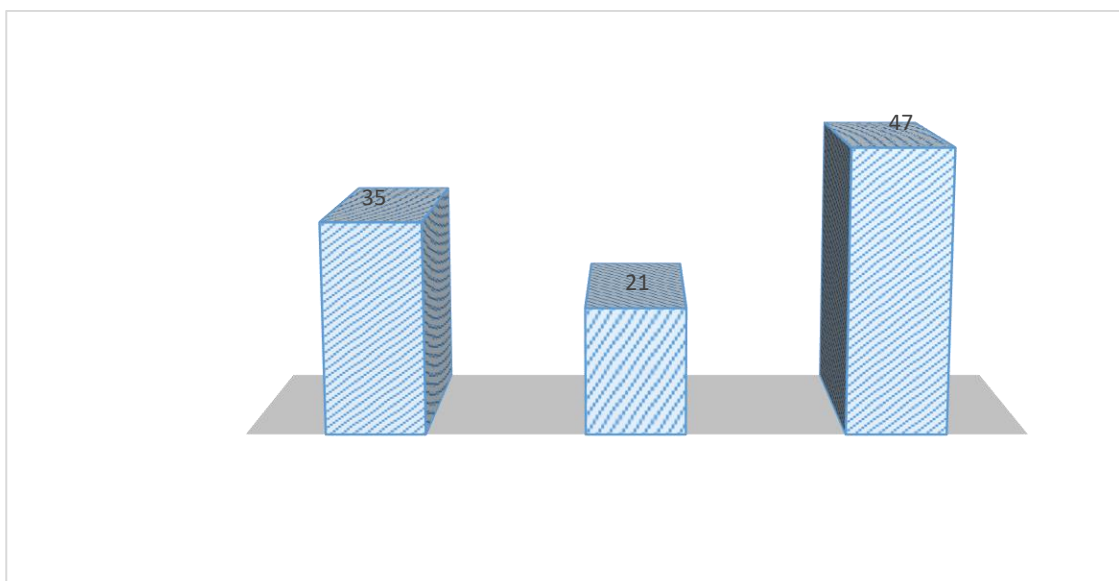
A análise dos tipos polínicos identificados nas coletas realizadas ao longo das estações chuvosa e seca de (março a dezembro 2024), representada na Tabela 2 e visualizada por meio do diagrama de Venn (Figura 15), permite observar padrões de sobreposição e exclusividade entre os recursos florais utilizados por *Melipona subnitida* e *Apis mellifera*. As espécies comuns

às quatro situações (JC, JS, AC, AS) indicam plantas amplamente utilizadas por ambas as abelhas em todas as estações, sugerindo recursos florais com alta disponibilidade ou preferência alimentar: *Mimosa tenuiflora*, *Mimosa arenosa*, *Leucaena leucocephala*, *Chamaecrista nictitans* e *Eucalyptus globulus*. Essas plantas são fundamentais na composição da dieta das abelhas e podem ser consideradas espécies-chave para a manutenção das colônias, tanto de meliponíneos quanto de apídeos, independentemente da estação.

6.6. Calendário Apícola/Meliponícola e espécies chave

Considerando a classificação das espécies segundo a sua forma de vida arbórea, arbustiva e herbácea, pode-se observar na (Figura 16) que a maioria das espécies registradas possui hábito herbáceo (47), seguido pelas arbóreas (35) e pelas arbustivas (21). Essa distribuição revela a predominância de plantas de porte baixo e ciclo mais curto, características típicas da vegetação da Caatinga, o que influencia diretamente a oferta de recursos florais às abelhas e pode impactar suas estratégias de forrageamento ao longo do ano.

Figura 16: Distribuição das formas de vida das plantas com potencial apícola meliponícola identificadas na caatinga potiguar de Mossoró-RN, de março a dezembro de 2024.



Fonte: autoria própria.

Tabela 1: Levantamento das espécies botânicas considerado como pasto apícola/meliponícola, na caatinga, em Mossoró-RN, durante as estações chuvosa e seca de março a dezembro de 2024. Arbo = Arbórea; Arbu: Arbustiva; Herb: Herbácea; RO: Recurso Ofertado, N = Néctar; P = Pólen; N/P = Néctar/ Pólen; PF: Período de Florescimento; EF: Época de floração

Família	Espécie	Nome popular	Forma de vida	Recurso floral	P. Florecimento	Época de floração
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>	Quebra panela	Herb	Néctar/Pólen	maio a agosto	Chuvosa e Seca
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bredo	Herb	Pólen	junho a julho	Chuvosa
Amaranthaceae	<i>Froelichia humboldtiana</i>	Ervanço	Herb	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	Cajueiro	Arbo	Néctar/Pólen	julho a setembro	Seca
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	Mangueira	Arbo	Néctar/Pólen	julho a setembro	Seca
Anacardiaceae	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	Aroeira	Arbo	Néctar/Pólen	setembro	Seca
Anacardiaceae	<i>Spondias tuberosa</i>	Umbuzeiro	Arbo	Néctar/Pólen	outubro a novembro	Chuvosa e Seca
Apocynaceae	<i>Allamanda blanchetii</i>	Sete patacas roxa	Arbu	Néctar	abril	Chuvosa
Apocynaceae	<i>Cryptostegia grandiflora</i>	Viuva alegre	Herb	Néctar	abril a julho	Chuvosa
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana divaricata</i>	Jasmim café	Arbu	Néctar	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	Coco	Arbo	Pólen	Julho a agosto	Chuvosa e Seca
Arecaceae	<i>Copernicia prunifera</i>	Carnaubeira	Arbo	Néctar/Pólen	Setembro a novembro	Seca
Asteraceae	<i>Helianthus divaricatus</i>	Girassol de mato	Herb	Néctar/Pólen	março e abril	Chuvosa
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>	Margaridão	Arbu	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i>	Margaridinha	Herb	Néctar/Pólen	setembro a outubro	Seca
Asteraceae	<i>Vernonanthura phosphorica</i>	Assa peixe	Arbu	Néctar	agosto e setembro	Seca
Bignoniaceae	<i>Dolichandra unguis</i>	Unha de gato	Herb	Pólen	maio a dezembro	Chuvosa e Seca
Bignoniaceae	<i>Handroanthus impetiginosus</i>	Pau-d'arco-roxo	Arbo	Néctar	junho a julho	Seca
Bignoniaceae	<i>Tabebuia aurea</i>	Caraiba	Arbo	Néctar	agosto a outubro	Seca
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Ipê de jardim	Arbu	Néctar	junho a dezembro	Chuvosa e Seca
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i>	Urucum	Arbu	Néctar	mar a abr e out e nov	Chuvosa e Seca
Bixaceae	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	Pacoté	Arbo	Pólen	agosto a novembro	Seca
Boraginaceae	<i>Cordia oncocalix</i>	Pau-branco	Arbo	Néctar	maio a junho	Chuvosa

Boraginaceae	<i>Varronia leucocephala</i>	Buquê de noiva	Arbu	Néctar/Pólen	março e abril	Chuvosa
Burseraceae	<i>Commiphora leptophloeos</i>	Imburana	Arbo	Néctar/Pólen	dezembro	Seca
Capparaceae	<i>Crateva tapia</i>	Trapiá	Arbo	Néctar/Pólen	novembro	Seca
Capparaceae	<i>Cynophalla flexuosa</i>	Feijão bravo	Arbo	Néctar/Pólen	novembro e dezembro	Seca
Cleomaceae	<i>Tarenaya spinosa</i>	Mussambê	Herb	Néctar	abril a julho	Chuvosa
Combretaceae	<i>Combretum leprosum</i>	Mofumbo	Arbo	Néctar/Pólen	abril a maio	Chuvosa
Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>	Santa-Luzia	Herb	Néctar	março a junho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Camonea umbellata</i>	Malva da flor amarela	Herb	Néctar/Pólen	abril a agosto	Chuvosa e Seca
Convolvulaceae	<i>Distimake aegyptius</i>	Jitirana da flor branca	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Ipomea asarifolia</i>	Salsa	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Ipomea bahiensis</i>	Jetirana	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Ipomea nil</i>	Jitirana azul	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia multiflora</i>	Jetirana branca	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Convolvulaceae	<i>Merremia aegyptia</i>	Jetirana de mocó	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i>	Melão	Herb	Néctar	maio	Chuvosa
Cucurbitaceae	<i>Momordica charantia</i>	Melão de são caetano	Herb	Néctar/Pólen	maio a julho	Chuvosa
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus urens</i>	Urtiga	Herb	Néctar	março a julho	Chuvosa
Euphorbiaceae	<i>Cronton heliotropiifolius</i>	Velame	Arbu	Néctar/Pólen	janeiro a maio	Chuvosa
Euphorbiaceae	<i>Croton sonderianus</i>	Marmeleiro	Arbu	Néctar/Pólen	fevereiro a março	Chuvosa
Euphorbiaceae	<i>Jatropha mollissima</i>	Pinhão manso	Arbu	Néctar/Pólen	janeiro a junho	Chuvosa e Seca
Euphorbiaceae	<i>Manihot glaziovii</i>	Maniçoba	Arbu	Néctar/Pólen	março a maio	Chuvosa
Fabaceae	<i>Acacia mearnsii</i>	Acacia	Arbo	Néctar/Pólen	março e abril	Chuvosa
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>	Angico	Arbo	Néctar/Pólen	mar a abr e out a nov	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Bauhinia cheilantha</i>	Mororó	Arbo	Néctar/Pólen	março a maio	Chuvosa
Fabaceae	<i>Bauhinia monandra</i>	Pata de vaca	Arbo	Néctar/Pólen	mar a mai e nov a dez	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Caesalpina pulcherrima</i>	Flamboyanzinho	Arbu	Pólen	maio a dezembro	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Carnivalia brasiliensis</i>	Feijão de porco	Herb	Pólen	março a julho	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Centrosema brasilianum</i>	Xibiu de negra	Herb	Pólen	maio a julho	Chuvosa

Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i>	Dormideira	Herb	Pólen	abril a julho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Desmanthus virgatus</i>	Jureminha	Herb	Néctar/Pólen	maio a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	Gliricidia	Arbo	Néctar	setembro a outubro	Seca
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i>	Anil	Herb	Pólen	maio a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucena	Arbo	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Libidibia ferrea</i>	Jucazeiro	Arbo	Néctar	abril a julho	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Macroptilium lathyroides</i>	Feijão de rola	Herb	Pólen	abril a julho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Mimosa arenosa</i>	Calumbi/Jurema Branca	Arbo	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Sabiá	Arbo	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Mimosa invisa</i>	Calumbi miúdo	Arbu	Néctar/Pólen	março a julho	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i>	Cerrador	Arbu	Néctar/Pólen	março a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Sensitiva/Dormideira	Herb	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Mimosa quadrivalvis</i>	Malícia	Herb	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	Jurema preta	Arbo	Néctar/Pólen	agos e set e mar e abr	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Catanduva	Arbo	Néctar/Pólen	março a setembro	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Poincianella pyramidale</i>	Catingueira	Arbo	Néctar	março a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i>	Algaroba	Arbo	Néctar/Pólen	agosto e setembro	Seca
Fabaceae	<i>Senegalia polyphylla</i>	Espinheiro	Arbo	Néctar/Pólen	abril a maio	Chuvosa
Fabaceae	<i>Senna macranthera</i>	São João	Arbo	Pólen	maio a julho	Chuvosa e Seca
Fabaceae	<i>Senna obtusifolia</i>	Mata-pasto	Arbu	Pólen	abril a junho	Chuvosa
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i>	Tamarindo	Arbo	Néctar	abril a maio	Chuvosa
Lamiaceae	<i>Hyptis suaveolens</i>	Bamburral	Herb	Néctar	maio a julho	Chuvosa e Seca
Lamiaceae	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>	Horteã do campo	Herb	Néctar	março a abril	Chuvosa
Malvaceae	<i>Melochia pyramidata</i>	Malva roxa	Herb	Néctar	maio a junho	Chuvosa
Malvaceae	<i>Pavonia cancellata</i>	Corda de viola	Herb	Néctar/Pólen	maio a agosto	Chuvosa e Seca
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>	Guanxuma	Herb	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa
Malvaceae	<i>Sida ciliaries</i>	Malva rasteria	Herb	Néctar/Pólen	abril a junho	Chuvosa

Malvaceae	<i>Sida cordifolia</i>	Malva branca	Herb	Néctar/Pólen	março a junho	Chuvosa
Malvaceae	<i>Sida galheirensis</i>	Malva vassoura	Herb	Néctar/Pólen	março a maio	Chuvosa
Malvaceae	<i>Waltheria indica</i>	Malva Preta	Herb	Néctar/Pólen	março a setembro	Chuvosa e Seca
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Neem	Arbo	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Arbo	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucaliptos	Arbo	Néctar/Pólen	novembro a dezembro	Chuvosa e Seca
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Goiaba	Arbo	Pólen	novembro a dezembro	Chuvosa e Seca
Nyctaginaceae	<i>Boerhavia diffusa</i>	Pega pinto	Herb	Néctar	abril a junho	Chuvosa
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glaba</i>	Primavera	Arbu	Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i>	Maracujá de mato	Herb	Pólen	março a maio	Chuvosa
Poaceae	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Gramma de dedo	Herb	Pólen	abril a junho	Chuvosa
Poaceae	<i>Paspalum dilatatum</i>	Capim mimoso	Herb	Pólen	março a junho	Chuvosa
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Milho	Herb	Pólen	maio	Chuvosa
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Amor agarradinho	Herb	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Rhamnaceae	<i>Ziziphus joazeiro</i>	Juazeiro	Arbo	Néctar/Pólen	novembro e dezembro	Seca
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>	Cabeça de velho	Herb	Néctar/Pólen	abril a julho	Chuvosa e Seca
Rubiaceae	<i>Ixora coccínea</i>	Ixoria	Arbu	Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Rubiaceae	<i>Richardia grandiflora</i>	Asa de pato	Herb	Néctar/Pólen	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Solanaceae	<i>Solanum paniculatum</i>	Jurubeba	Arbu	Néctar/Pólen	julho	Seca
Turneraceae	<i>Piriqueta guianensis</i>	Erva rasteira	Herb	Néctar	abril a maio	Chuvosa
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i>	Xanana	Herb	Néctar/Pólen	março a agosto	Chuvosa e Seca
Verbenaceae	<i>Aloysia virgata</i>	Mutre	Arbu	Néctar	março a dezembro	Chuvosa e Seca
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Cambará	Arbu	Néctar/Pólen	março a maio	Chuvosa
Verbenaceae	<i>Lantana canescens</i>	Cambará da flor branca	Arbu	Néctar/Pólen	março a maio	Chuvosa
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i>	Gervão Roxo	Herb	Néctar	abril a junho	Chuvosa

Fonte: autoria própria.

Tabela 2: Levantamento dos principais tipos polínicos representado por Família/Espécie presente na Caatinga, em Mossoró-RN, durante as estações chuvosa e seca de março a dezembro de 2024. JC: Jandaira Estação Chuvosa; AC: Apis Estação Chuvosa; JS: Jandaira Estação Seca; AS: Apis Estação Seca.

<i>Famílias</i>	<i>Espécie</i>	JC/AC	JS/AS	JC/JS	AC/AS
Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i>				X
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>				
Anacardiaceae	<i>Miracrodroun urundeuva</i>		X		
Anacardiaceae	<i>Spondias sp</i>				
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>		X		X
Asteraceae	<i>Helianthus divaricatus</i>				X
Asteraceae	<i>Tithonia diversifolia</i>				
Euphorbiaceae	<i>Jatropha molissima</i>				
Fabaceae	<i>Anadenanthera colubrina</i>			X	
Fabaceae	<i>Centrosema brasilianum</i>				
Fabaceae	<i>Chamaecrista nictitans</i>	X	X	X	X
Fabaceae	<i>Indigofera hirsuta</i>				
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	X	X	X	X
Fabaceae	<i>Mimosa arenosa</i>	X	X	X	X
Fabaceae	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i>	X		X	
Fabaceae	<i>Mimosa invisa</i>				
Fabaceae	<i>Mimosa tenuiflora</i>	X	X	X	X
Fabaceae	<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	X		X	
Fabaceae	<i>Prosopis juliflora</i>		X		
Lamiaceae	<i>Marsypianthes chamaedrys</i>		X		
Malvaceae	<i>Pavonia cancellata</i>		X		
Malvaceae	<i>Sida acuta</i>				
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>		X		

Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	X	X	X	X
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>				
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>				X
Rubiaceae	<i>Richardia grandiflora</i>		X		X
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>				
Solanaceae	<i>Solanum sp</i>			X	

Fonte: autoria própria

7. DISCUSSÃO

7.1 Competição interespecífica e sobreposição de nicho

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam padrões diferenciados de coleta de pólen entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida*, com uma acentuada sobreposição de nicho durante a estação seca. A intensificação dessa sobreposição em períodos de escassez floral aponta para uma dinâmica de competição interespecífica que pode comprometer a persistência de espécies nativas, como *M. subnitida*. Essa espécie apresenta menor plasticidade trófica e capacidade de deslocamento reduzida (Hrncir *et al.*, 2019), fatores que a tornam menos resiliente frente à presença de competidores altamente generalistas, como *A. mellifera*, uma espécie exótica amplamente difundida nos ecossistemas brasileiros.

A vulnerabilidade de *M. subnitida* pode ser compreendida à luz de sua história evolutiva em habitats relativamente estáveis e previsíveis, como certas fitofisionomias da Caatinga, onde essa espécie coevoluiu com um conjunto específico de plantas nativas. Essa coevolução resultou em uma dieta mais especializada e em relações de dependência mútua com a flora local, dificultando ajustes comportamentais diante de mudanças abruptas na oferta floral ou do aumento da pressão competitiva.

Nesse contexto, a sobreposição intensificada durante períodos críticos de recursos pode representar um fator de risco para a manutenção de populações naturais de *M. subnitida*, ressaltando a importância de medidas de conservação direcionadas. Tais medidas devem considerar não apenas a proteção de habitats e plantas-chave, mas também o manejo regulado da presença de espécies exóticas, a fim de preservar a integridade das interações ecológicas e os serviços ecossistêmicos associados à polinização nativa.

Durante a estação seca, os recursos florais disponíveis tornam-se mais escassos e limitados a poucas espécies adaptadas ao semiárido. Esse cenário intensifica a competição por pólen e néctar. Por ser uma espécie exótica introduzida no Brasil, *A. mellifera*, apresenta elevada densidade populacional, comportamento forrageador agressivo e ampla plasticidade alimentar, o que lhe confere vantagens competitivas em relação às abelhas nativas (Geslin *et al.*, 2017; Page & Williams, 2023). Essa combinação de características permite que monopolize os recursos florais disponíveis, especialmente em períodos de escassez, impondo pressões adicionais sobre espécies nativas menos competitivas. Tal cenário favorece a ocorrência de

exclusão competitiva, processo em que uma espécie é gradualmente eliminada ou tem sua população reduzida devido à sobreposição intensa no uso de recursos essenciais.

A intensificação da competição por recursos florais, especialmente no período seco, reforça a necessidade de estratégias de manejo integrado. Recentemente, propõe-se a conceituação dos recursos florais como bens comuns compartilhados por abelhas manejadas, silvestres e produtores, cuja exploração precisa ser regulada coletivamente (Mouillard-Lample *et al.*, 2023). Essa abordagem visa promover a coexistência sustentável e conservar os serviços ecossistêmicos da polinização.

A *M. subnitida* é mais seletiva, com dependência de espécies botânicas como as das famílias Fabaceae e Myrtaceae (Maia-Silva *et al.*, 2015; Batista *et al.*, 2020), o que a torna mais vulnerável às flutuações sazonais e à competição com *A. mellifera* (Jaffé *et al.*, 2019). A sobreposição observada nas análises de similaridade (Jaccard e PERMANOVA) aponta para a necessidade de manejo baseado na sazonalidade e na ecologia trófica, como controle da densidade de colmeias de *A. mellifera*, estímulo à meliponicultura e reflorestamento com espécies nativas (Thomson; Page, 2020; Potter *et al.*, 2022).

A sobreposição observada nas análises de similaridade (índice de Jaccard e PERMANOVA) reforça a necessidade de estratégias de manejo das colônias que considerem a sazonalidade e a ecologia trófica das abelhas. Medidas como o controle da densidade de colmeias de *A. mellifera*, o estímulo à meliponicultura, o reflorestamento com espécies nativas com floração em diferentes períodos do ano, e o monitoramento das interações abelha-planta são indispensáveis para garantir a coexistência entre as espécies (Thomson; Page, 2020; Potter *et al.*, 2022).

Além disso, a manutenção da diversidade de plantas melitófilas em áreas de Caatinga é estratégica para assegurar a sustentabilidade da apicultura e meliponicultura no semiárido. A inclusão de espécies com floração na estação seca pode funcionar como suporte nutricional para abelhas nativas e reduzir os impactos da competição (Brasil; Guimarães-Brasil, 2018).

De forma integrada, os dados sugerem que o forrageamento diferencial entre *A. mellifera* e *M. subnitida*, a influência da sazonalidade na oferta floral e os padrões de sobreposição observados devem ser considerados conjuntamente em políticas públicas e programas de conservação. Ao reconhecer a vulnerabilidade ecológica das abelhas nativas e

promover ações orientadas à conservação de habitats e à regulação da presença de espécies exóticas, torna-se possível favorecer uma apicultura e meliponicultura sustentáveis, conciliando produtividade, conservação e equilíbrio ecológico (Potts *et al.*, 2016; Jaffé *et al.*, 2019).

A Figura 13 representa a análise de sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* (AC – *Apis* chuva pontos verdes) e *Melipona subnitida* (JC – Jandaira chuva pontos azuis) durante o período chuvoso na Caatinga, com base no índice de similaridade de Jaccard, processado pelo software PAST. Observa-se que os pontos referentes a *A. mellifera* (AC) estão dispersos em uma área mais ampla do gráfico, refletindo maior amplitude trófica e comportamento generalista durante a estação chuvosa. Em contraste, os pontos associados a *M. subnitida* (JC) concentram-se em uma região mais restrita, indicando maior seletividade e fidelidade floral por parte da espécie nativa.

A sobreposição entre os dois grupos é considerada moderada, com interseção parcial entre as elipses de confiança, sugerindo que, apesar de utilizarem alguns recursos florais comuns, cada espécie também explorou nichos distintos dentro da oferta floral ampliada da estação chuvosa. Esse padrão é indicativo de particionamento de recursos, favorecido pela elevada diversidade e disponibilidade de plantas com flores nesse período.

Tais achados indicam que o ambiente mais rico e diverso da estação chuvosa favoreceu a coexistência entre espécies, reduzindo o potencial de competição direta por recursos polínicos, como também sugerido por Villanueva e Roubik (2004) e Geslin *et al.*, (2017).

Ao contrário do padrão observado na estação chuvosa, os dados mostram uma maior sobreposição entre os grupos na estação seca. As elipses de confiança das duas espécies apresentam ampla interseção, sugerindo que ambas as abelhas acessaram um conjunto bastante similar de recursos florais nesse período.

A dispersão dos pontos também se torna mais concentrada, especialmente em *M. subnitida*, refletindo uma redução na diversidade de plantas visitadas e uma convergência forçada no uso dos mesmos recursos. Já *A. mellifera* mantém relativa amplitude, mas com significativa interseção com *M. subnitida*, reforçando a hipótese de competição intensificada em períodos de escassez.

Esse padrão é consistente com a dinâmica da Caatinga, onde a redução da oferta floral durante a seca leva à restrição de nichos tróficos e ao aumento da pressão competitiva. A convergência observada nesta análise confirma o risco ecológico para espécies mais seletivas

como *M. subnitida*, frente ao comportamento mais exploratório e generalista de *A. mellifera* (Geslin et al., 2017; Valido et al., 2019).

As observações deste estudo sobre a sobreposição de nicho polínico entre *A. mellifera* e *M. subnitida* na Caatinga encontram eco nos resultados de Maia-Silva *et al.*, (2018), que destacaram o papel crítico das espécies de floração em massa e de flores poricidas para a sobrevivência de *M. subnitida* em ambientes sujeitos a intensas secas. Essa seleção estratégica de plantas altamente lucrativas durante curtos períodos de abundância floral sugere que a sobreposição observada entre as espécies estudadas pode ser intensificada pela concentração em poucos recursos de alta produtividade. Além disso, a identificação palinológica como ferramenta estratégica para conservação aponta para a necessidade de restaurar habitats com foco na inclusão de espécies adaptadas ao regime climático da Caatinga, visando assegurar a estabilidade das colônias e a manutenção dos serviços ecossistêmicos de polinização frente às futuras mudanças climáticas.

No presente estudo, a intensificação da sobreposição entre *M. subnitida* e *A. mellifera* durante os meses de seca foi observada através dos resultados da análise de similaridade (índice de Jaccard) e na quantidade de espécies florais compartilhadas. O uso comum de espécies como *Mimosa arenosa*, *Leucaena leucocephala*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Cocos nucifera*, *Chamaecrista nictitans* e *Eucalyptus globulus* por ambas as abelhas indica uma concentração do esforço de forrageamento em um núcleo funcional de plantas com floração persistente ou adaptadas à seca.

Estudos de Alaux *et al.*, (2019) & Valido *et al.*, (2019) destacam os impactos da competição entre abelhas exóticas e nativas, especialmente em paisagens homogêneas ou degradadas. *A. mellifera*, por ser altamente exploratória, pode dominar rapidamente os recursos, criando barreiras ecológicas para a sobrevivência e reprodução de espécies como *M. subnitida*, que são mais sensíveis às mudanças ambientais e dependem de recursos locais.

Os dados obtidos indicam que, enquanto a coexistência é possível em cenários de alta diversidade floral, essa relação torna-se crítica em períodos de limitação, podendo resultar em competição pelos mesmos recursos florais entre abelhas nativas. A sobreposição intensificada, especialmente nos meses secos, válida a hipótese de que a competição por pólen pode comprometer a resiliência de *M. subnitida* e outras espécies locais perante a expansão da apicultura convencional. Essas evidências reforçam a necessidade de estratégias de manejo

territorial que considerem a separação espacial entre apiários e meliponários, além da promoção de paisagens floristicamente ricas e funcionalmente diversas ao longo do ano.

7.2 Estratégias de forrageamento e conservação de espécies florais

A análise dos tipos polínicos identificados evidenciou diferenças nas estratégias de coleta de recursos entre *A. mellifera* e *M. subnitida*. Enquanto *A. mellifera* demonstrou comportamento generalista, *M. subnitida* mostrou preferência por espécies nativas da Caatinga, com destaque para Fabaceae, Myrtaceae e Asteraceae (Avelino; Santos, 2018; Barbosa *et al.*, 2024).

Os resultados deste estudo sobre a sobreposição de nicho polínico entre *A. mellifera* e *M. subnitida* pode ser significativamente enriquecida pela comparação com os achados de Barbosa *et al.* (2024), Souza, Abreu e Novais (2018) e Haidamus *et al.* (2019). Em todos esses estudos, destacou-se uma forte presença das famílias Fabaceae, Myrtaceae e Asteraceae entre os tipos polínicos identificados.

Este padrão está alinhado com estudos anteriores, como os de Roubik (1988), Geslin *et al.* (2017) e Maia-Silva *et al.* (2018), que identificam a *A. mellifera* como uma espécie oportunista, capaz de explorar eficientemente diferentes nichos alimentares devido ao seu elevado número populacional, à comunicação por meio da dança e ao seu amplo raio de voo. Essas características conferem à espécie uma vantagem competitiva significativa, especialmente em ambientes onde há um declínio na oferta floral.

Por outro lado, *M. subnitida*, por ser uma abelha nativa da região semiárida e apresentar menor capacidade de voo, mostra maior fidelidade às fontes locais de pólen, priorizando plantas endêmicas da Caatinga. Essa especialização pode ser vantajosa em contextos de alta diversidade floral, mas representa uma limitação adaptativa em cenários de escassez, como observado nos meses mais secos do estudo.

Outro ponto relevante identificado por Barbosa *et al.* (2024) é a formação de grupos distintos de similaridade temporal nos tipos polínicos utilizados, semelhante ao observado neste estudo, especialmente na maior sobreposição durante a estação seca. Esse padrão temporal de similaridade indica que, em períodos de menor disponibilidade floral, há um incremento significativo na competição por recursos tróficos entre *A. mellifera* e *M. subnitida*, reforçando as hipóteses apresentadas neste trabalho.

A variação nas estratégias de coleta reflete não apenas características morfofisiológicas das espécies, mas também diferenças nos padrões comportamentais de forrageamento. Enquanto *A. mellifera* explora desde plantas herbáceas invasoras até cultivos exóticos, como *Cocos nucifera* e *Eucalyptus sp.*, *M. subnitida* demonstrou maior sensibilidade às mudanças na oferta de plantas nativas, o que a torna potencialmente mais vulnerável à competição durante períodos críticos.

A distinção entre uma espécie supergeneralista e outra mais especializada levanta questões sobre a coexistência entre abelhas nativas e exóticas. Conforme discutido por Nogueira *et al.*, (2012), a presença ampliada de *A. mellifera* em ecossistemas naturais pode alterar a dinâmica de uso dos recursos florais, reduzindo a disponibilidade para espécies menos competitivas e impactando sua saúde e produtividade.

A forte sazonalidade do bioma Caatinga exerceu influência direta sobre a disponibilidade de recursos florais e, conseqüentemente, sobre os padrões de coleta de pólen pelas abelhas estudadas. Os resultados demonstraram que os meses de abril a julho concentraram os maiores registros de entrada de pólen por *Apis mellifera*, período coincidente com o auge da estação chuvosa e maior diversidade de espécies floridas. Em contrapartida, durante os meses de agosto a dezembro, considerados o período de seca e escassez observou-se uma acentuada redução na coleta, tanto em número de tipos polínicos quanto na frequência de entrada de pólen.

Esse padrão sazonal corrobora estudos anteriores (Moraes *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2020; Reis *et al.*, 2023), os quais demonstram que, em regiões semiáridas, a floração depende fortemente da disponibilidade hídrica. A maioria das espécies vegetais da Caatinga apresenta floração concentrada nos meses úmidos, com queda significativa na oferta floral à medida que a estação seca se intensifica. Tal variação impacta diretamente a dieta das abelhas, podendo gerar períodos de estresse nutricional e afetar o desenvolvimento das crias, como alertado por Potts *et al.*, (2016) e Silva *et al.*, (2021).

Na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, apesar de a presença de culturas irrigadas como citrus, cajarana, bananeira, milho e melão contribuir para reduzir a escassez floral, os dados indicam que essa oferta suplementar não foi suficiente para manter os níveis de coleta observados na estação chuvosa. Isso indica que as abelhas, especialmente *M. subnitida*, tendem a utilizar recursos florais nativos, mesmo quando há alternativas cultivadas disponíveis.

A sensibilidade de *M. subnitida* às mudanças sazonais foi observada no padrão de coleta, caracterizado por maior seletividade e redução da atividade forrageadora durante o período seco. Em contraste, *A. mellifera* manteve um nível constante de coleta durante a escassez, demonstrando um comportamento flexível e sua capacidade de explorar ambientes com menos flores.

Os resultados obtidos por Maia-Silva *et al.*, (2020) demonstram que *M. subnitida*, em regiões de Caatinga sob condições extremas de seca, adota estratégias de forrageamento seletivo, priorizando plantas de alta rentabilidade, o que assegura a sobrevivência das colônias mesmo em períodos de escassez. Este comportamento adaptativo observado reforça a necessidade de conservar espécies vegetais-chave, especialmente aquelas que florescem na estação seca, para garantir a resiliência das abelhas nativas frente às variações climáticas e pressões competitivas impostas pela presença de espécies exóticas como *A. mellifera*.

Essas observações reforçam a importância da manutenção da diversidade vegetal e do planejamento ecológico de áreas apícolas e meliponícolas. Como destacam Valido *et al.*, (2019) e Page e Williams (2023), a escassez floral sazonal pode ser um fator determinante para a intensificação da competição entre espécies, tornando fundamental o enriquecimento florístico com espécies adaptadas à floração tardia.

A Figura 15 representa um diagrama de Venn com as espécies vegetais visitadas por *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* durante os períodos seco e chuvoso, evidenciando o grau de compartilhamento de recursos florais entre as espécies e entre as estações sazonais.

O centro do diagrama destaca cinco espécies vegetais que foram comuns a todos os quatro grupos amostrados (AC, AS, JC e JS): *Mimosa arenosa*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa tenuiflora*, *Chamaecrista nictitans* e *Eucalyptus globulus*. Estas espécies funcionam como um núcleo funcional de recursos tróficos, com floração persistente ao longo do ano, sustentando colônias de ambas as abelhas em diferentes contextos sazonais.

Entre os grupos específicos, observou-se:

- Uma interseção significativa entre *M. subnitida* na estação seca (JS) e *A. mellifera* na mesma estação (AS), com 12 espécies compartilhadas ($p < 0,05$). Esse é o maior número de espécies comuns entre dois grupos, indicando intensa sobreposição de nicho na seca.
- Também foi significativa a sobreposição entre *A. mellifera* na seca (AS) e na chuva (AC), com 10 espécies em comum ($p < 0,05$).

- Entre as coletas do pólen *M. subnitida* nos dois períodos (JC e JS), houve 9 espécies compartilhadas ($p < 0,05$), o que sugere fidelidade parcial da espécie nativa a determinados recursos florais.

As interseções exclusivas também são relevantes:

- *M. subnitida* no período seco (JS) utilizou 19 espécies que não foram visitadas por nenhum outro grupo, o que pode indicar especializações adaptativas ou restrições comportamentais frente à escassez.
- Já *A. mellifera* na seca (AS) apresentou 18 espécies únicas, reforçando seu comportamento exploratório e oportunista.

Essa estrutura revela padrões ecológicos cruciais:

- A diversidade de espécies compartilhadas é maior na estação seca, quando a oferta floral é reduzida, intensificando a competição potencial entre as espécies.
- Na estação chuvosa, houve menor interseção, refletindo particionamento trófico facilitado pela maior diversidade e abundância de recursos.

Esses resultados corroboram a hipótese de que, em contextos de escassez, abelhas nativas como *M. subnitida* enfrentam maiores desafios competitivos frente à presença de espécies exóticas como *A. mellifera*. A existência de um núcleo comum de plantas visitadas por ambas as abelhas também destaca a importância de tais espécies para estratégias de manejo e conservação apícola e meliponícola no semiárido.

Esse padrão reforça a ideia de que, mesmo em cenários de diversidade florística variável, certos táxons botânicos desempenham papel-chave na manutenção das colônias, funcionando como pilares da dieta polínica. Tal constatação vai ao encontro do que foi discutido por Karam *et al.* (2022) e Geslin *et al.* (2017), que destacam a importância de plantas adaptadas ao semiárido com floração contínua ou escalonada para garantir a persistência das populações de polinizadores.

Do ponto de vista ecológico, essas interseções sinalizam potenciais áreas de conflito trófico, sobretudo em habitats fragmentados, com flora reduzida ou monoculturas. Em tais contextos, a dependência comum por espécies como *Cocos nucifera*, *Pityrocarpa moniliformis*, *Marsypianthes chamaedrys* e *Azadirachta indica* pode colocar *M. subnitida* em desvantagem frente à maior capacidade de exploração de *A. mellifera*.

Por outro lado, a constatação de que *M. subnitida* não foi observada forrageando em espécies como *Moringa oleifera*, apesar de sua alta disponibilidade, sugere que preferências florais e adaptações comportamentais também modulam a dinâmica de sobreposição. Isso pode indicar resistência comportamental ao uso de espécies exóticas ou baixa atratividade dessas plantas para a espécie nativa.

A integração dessas estratégias de forrageamento com a conservação das espécies florais e o manejo ecológico das paisagens é essencial para promover uma apicultura e meliponicultura sustentáveis, conciliando produtividade e equilíbrio ecológico.

8. Implicações práticas e estratégias de conservação

Os resultados desta pesquisa trazem implicações diretas para a gestão sustentável da apicultura e meliponicultura na Caatinga, especialmente em áreas onde *A. mellifera* e *M. subnitida* coexistem. A constatação de sobreposição de nicho mais intensa nos períodos de escassez floral indica a necessidade de medidas de manejo que considerem a dinâmica sazonal da oferta de recursos e a ecologia diferencial das espécies envolvidas.

Uma das estratégias mais eficazes apontadas na literatura é o enriquecimento florístico de paisagens apícolas, com a introdução planejada de espécies nativas de floração tardia e prolongada, capazes de fornecer pólen e néctar nos meses críticos. Plantas como *Mimosa tenuiflora*, *Leucaena leucocephala*, *Marsypianthes chamaedrys* e *Chamaecrista nictitans* demonstraram papel funcional relevante no sustento das colônias durante a estação seca e devem ser priorizadas em ações de reflorestamento e restauração ecológica.

Outra medida recomendada é a implantação de calendários florais personalizados por região, como o elaborado neste estudo, que permitam ao produtor antecipar períodos de escassez e adotar práticas de suplementação alimentar, se necessário. Essa ferramenta também contribui para a escolha estratégica de locais para instalação de colônias, privilegiando áreas com maior diversidade vegetal e menor competição trófica.

Do ponto de vista da paisagem produtiva, destaca-se a importância de evitar a sobreposição espacial de apiários e meliponários, sobretudo em épocas de seca, quando a competição é mais acentuada. Essa separação pode ser feita com base em levantamentos florísticos locais e análise de cobertura vegetal, reduzindo o risco de exaustão dos recursos e garantindo maior equidade na partilha trófica entre espécies.

Além disso, a presença de culturas irrigadas na Fazenda Experimental Rafael Fernandes mostrou-se benéfica para a manutenção de recursos florais nos meses secos, embora não completamente suficiente para suprir a demanda de ambas as espécies. Isso sugere que a diversificação agrícola com espécies floríferas de interesse apícola e meliponícola pode ser integrada às práticas de manejo, favorecendo uma produção mais resiliente e ecologicamente equilibrada.

Por fim, reforça-se a necessidade de políticas públicas e ações extensionistas voltadas à capacitação de apicultores e meliponicultores sobre os impactos da competição por recursos, a importância da flora nativa e as boas práticas de manejo de colônias. Tais ações são essenciais para promover uma convivência harmônica entre espécies nativas e exóticas, assegurando tanto a conservação da biodiversidade quanto a produtividade dos sistemas de produção

9. Limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras

Embora o presente estudo tenha fornecido contribuições relevantes para a compreensão da sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* na Caatinga, é importante reconhecer algumas limitações metodológicas e contextuais que devem ser consideradas na interpretação dos resultados e na formulação de futuras investigações.

Uma das principais limitações refere-se à identificação taxonômica dos tipos polínicos, realizada com base em morfologia. Apesar da utilização de material de referência da flora local, a identificação em nível específico nem sempre foi possível devido à similaridade morfológica entre os grãos de pólen, especialmente em famílias botânicas como Fabaceae, Asteraceae e Malvaceae. Esse fator pode ter levado à subestimação da diversidade real de recursos utilizados pelas abelhas, mascarando eventuais padrões mais refinados de especialização ou partilha.

Adicionalmente, o estudo concentrou-se na análise qualitativa da presença ou ausência dos tipos polínicos, sem mensuração da frequência relativa ou da biomassa coletada. Embora essa abordagem seja eficaz para caracterizar a diversidade de recursos florais, ela limita a compreensão da intensidade de uso de cada tipo polínico, o que seria fundamental para avaliar o grau real de dependência de determinadas espécies vegetais.

Outro aspecto que merece destaque é a limitação espacial e temporal do estudo. A pesquisa foi realizada exclusivamente na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, uma área que, embora represente bem a Caatinga, possui características específicas, como a presença de irrigação e de culturas exóticas. Esses elementos podem ter influenciado os padrões de coleta observados, reduzindo a generalização dos resultados para áreas de Caatinga mais degradadas ou sem acesso a irrigação.

Em termos temporais, o monitoramento foi restrito ao período de março a dezembro de 2024, o que corresponde a um ciclo anual. A ampliação do período de observação para múltiplos anos permitiria avaliar a variabilidade interanual na oferta de recursos florais e nos padrões de sobreposição de nicho, sobretudo diante das variações climáticas típicas da região semiárida.

Os resultados aqui apresentados podem subsidiar políticas públicas para regulação do uso da fauna exótica na apicultura e para o incentivo à conservação de abelhas nativas no semiárido.

CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O presente estudo elucidou de forma abrangente os padrões de uso e partilha de recursos florais por *A. mellifera* e *M. subnitida* em área de Caatinga, ressaltando as dinâmicas ecológicas associadas à sazonalidade do bioma. A elevada riqueza florística registrada, com ênfase nas famílias Fabaceae, Malvaceae e Euphorbiaceae, demonstra o potencial da vegetação local em prover recursos essenciais para a manutenção das colônias ao longo do ano.

As análises de sobreposição de nicho polínico, fundamentadas no índice de Jaccard, revelaram que ambas as espécies compartilham significativamente os recursos florais, sobretudo durante a estação seca, quando a oferta de flores é mais restrita. Essa convergência no uso dos recursos durante períodos críticos pode resultar em competição direta, com possíveis implicações negativas para espécies nativas como *M. subnitida*, mais sensível às alterações na disponibilidade floral.

A identificação de espécies vegetais recorrentes nas interações observadas, como as dos gêneros *Chamaecrista*, *Mimosa arenosa*, *Leucaena* e *Eucalyptus*, evidencia sua relevância funcional na sustentação das abelhas, configurando-se como espécies-chave para programas de manejo e restauração ecológica. A manutenção dessas espécies no ambiente contribui para a estabilidade das redes de polinização e para a mitigação dos efeitos da escassez sazonal de recursos.

Além disso, a maior amplitude ecológica demonstrada por *A. mellifera* ao longo das estações reforça a necessidade de um monitoramento contínuo de sua interação com a fauna nativa. Estratégias de manejo integradas, que conciliem a produtividade apícola com a conservação da biodiversidade, tornam-se indispensáveis em cenários ecológicos vulneráveis como o da Caatinga.

Em síntese, os resultados apresentados oferecem subsídios técnicos e científicos para a formulação de políticas públicas voltadas à apicultura e meliponicultura sustentáveis, bem como para ações de conservação da flora e da fauna polinizadora, com vistas à manutenção dos serviços ecossistêmicos em ambientes semiáridos.

Indicamos as seguintes recomendações para o manejo conjunto de *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* juntas no semi-árido:

1. **Planejamento espacial do apiário e meliponário**

- Evitar instalar colônias muito próximas umas das outras. Colocar as colônias de *Melipona subnitida* em locais mais protegidos e ricos em flora nativa pode ajudar a reduzir a competição direta com *Apis mellifera*.
 - Manter as colônias de *Apis mellifera* em menor densidade nas áreas mais sensíveis, principalmente próximas a meliponários com *M. subnitida*.
2. **Enriquecimento da flora local com espécies nativas estratégicas**
- Identificar e plantar espécies florais nativas que floresçam especialmente na **estação seca**, período crítico de maior sobreposição, para ampliar a disponibilidade de pólen e néctar.
 - Priorizar plantas que sejam mais utilizadas por *Melipona subnitida* e menos atrativas para *Apis mellifera*.
3. **Criação escalonada ao longo do ano**
- Ajustar o número de colônias de *Apis mellifera* ao longo do ano, reduzindo sua densidade no período seco, ou alternando áreas de uso intensivo para evitar pressão contínua sobre os recursos.
4. **Monitoramento contínuo das colônias**
- Acompanhar o desenvolvimento das colônias de *M. subnitida*, especialmente em períodos críticos, para avaliar sinais de estresse nutricional.
 - Coletar amostras de pólen periodicamente para verificar mudanças no forrageio e orientar ajustes no manejo.
5. **Educação e capacitação de apicultores e meliponicultores**
- Promover formações sobre as interações entre espécies, sobreposição de nicho e estratégias de mitigação.
 - Incentivar a criação de redes de cooperação entre apicultores e meliponicultores para o uso sustentável do território.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo teve como propósito avaliar a sobreposição de nicho polínico entre *Apis mellifera* e *Melipona subnitida* no semiárido potiguar, analisando os impactos dessa interação sobre o desenvolvimento das colônias da espécie nativa e contribuindo para estratégias de manejo integradas entre apicultura e meliponicultura.

Os resultados evidenciaram que, embora ambas as espécies explorem recursos florais comuns, *A. mellifera* apresenta maior amplitude de forrageio e flexibilidade trófica, utilizando uma gama mais ampla de fontes de pólen ao longo do ano. Essa característica favorece uma sobreposição significativa de nicho, especialmente durante a estação seca, período crítico de menor oferta floral, confirmando a hipótese H2. Nesse contexto, *M. subnitida* demonstrou alterações no comportamento de forrageio, passando a coletar pólen de fontes menos frequentes ou nutricionalmente inferiores, o que pode comprometer seu desenvolvimento e a produtividade das colônias.

A identificação das fontes botânicas e a elaboração do calendário polínico foram fundamentais para detectar os períodos mais críticos de sobreposição e os principais recursos florais compartilhados. Tais informações são essenciais para subsidiar práticas de manejo que promovam a convivência equilibrada entre apicultura e meliponicultura, como o escalonamento estratégico da instalação de colônias, o enriquecimento floral com espécies nativas da Caatinga e o monitoramento contínuo das interações interespecíficas.

Conclui-se, portanto, que a criação conjunta de *A. mellifera* e *M. subnitida* é possível, desde que embasada em planejamento técnico e medidas de conservação. A adoção de práticas sustentáveis é indispensável para minimizar a competição, preservar a biodiversidade e garantir os serviços ecossistêmicos associados à polinização nativa no semiárido brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ALAUX, C.; LE, C., YVES, D. A. Pitting wild bees against managed honey bees in their native range, a losing strategy for the conservation of honey bee biodiversity. **Frontiers in ecology and evolution**, v. 7, p. 60, 2019. <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00060>
- ALEIXO, K. P.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; SILVA, C. I. Seasonal availability of floral resources and ambiente temperature shape stingless bee foraging behavior (*Scaptotrigona aff. depilis*). **Apidologie**, [S.I.], v. 48, p. 117-127, 2017. DOI:10.1007/s13592-016-0456-4.
- ALBUQUERQUE, U.P. de.; RAMOS, M.A.; FERREIRA JÚNIO, W.S. e MEDEIROS, P.M. Ethnobotany for Beginners. **Springer**, New York. 2017.
- ALOTAIBI, S. S.; SAYED, S. M.; ALOSAIMI, M.; ALHARTHI, R.; BANJAR, A.; ABDULQADER, N.; ALHAMED, R. *Pollen molecular biology: applications in the forensic palynology and future prospects: a review*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riyadh, v. 27, n. 5, p. 1185–1190, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.02.019>.
- AVELINO, L. O.; SANTOS, F. A. R. A presença de Fabaceae no perfil polínico da própolis produzida no Nordeste do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 32, n. 4, p. 602-614, 2018.
- ANJOS, O.; IGLESIAS, C.; PERES, F.; MARTÍNEZ, J.; GARCÍA, A.; TABOADA, J. Neural networks applied to discriminate botanical origin of honeys. **Food Chemistry**, v. 175, p.128 136, 2015.
- ARES, A. M., TORIBIO, L., TAPIA, J. A., GONZÁLES - PORTO, A. V., HIGES, M., MARTÍN-HERNÁNDEZ, R., BERNAL, J. Differentiation of bee pollen samples according to the apiary of origin and harvesting period based on their amino acid content. **Food Bioscience**, v. 50, p. 102092. 2022.
- BARTH, O. M. Melissopalynology in Brazil: a review of pollen analysis of honeys, propolis and pollen loads of bees. **Scientia Agricola**, v.61, n.3, p. 342–350, 2004.
- BARTH, O.M. **O pólen no mel brasileiro**. Rio de Janeiro: Luxor, 226p. 1989.
- BARTH, O.M. VIT, P.; PEDRO, S.R.M.; ROUBIK, D. Palynology Serving the Stingless Bees. In:(Eds.) Pot-Honey: A legacy of stingless bees. New York, **Springer**, p. 285-294. 2013.
- BARBOSA, L. S. V.; GALVÃO, C. R. S.; TCHAICKA, L.; SILVA-ALMEIDA, A. G.; BARROS, J. R. S. Análise polínica do mel e pólen estocado por *Melipona* (*Melikerria*) fasciculata Smith, 1854 (Apidae, Meliponini), em área de transição Amazônia e Cerrado, Maranhão, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, e281066, 2024.
- BATISTA, M. L. P. et al. Etnoconhecimento sobre abelhas sem ferrão (Anthophila, Apidae: Meliponini) por moradores de comunidade em Cabeceiras do Piauí, Piauí. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 8, p. e7671, 2020.

BRASIL, D. de F.; GUIMARÃES-BRASIL, M. de O.; Principais recursos florais para as abelhas da Caatinga. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v. 17, n. 2, p. 149-156, abr./jun. 2018.

BIESMEIJER, J. C.; TÓTH, E.; ROBERTS, S. P. M. Competition between honeybees and wild bees and the role of niche overlap. **Apidologie**, v. 37, n. 2, p. 134–144, 2006.

CAMPOS, M. G. R.; FRIGERIO, C.; LOPES, J.; BOGDANOV, S. What is the future of Bee Pollen. **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science**, v. 2, n. 4, p. 131 – 144, 2010.

CAMPOS, M.G.R.; BOGDANOV, S.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; SZCZESNA, T.; MANCEBO, Y.; FRIGERIO, C. Pollen composition and standardisation of analytical methods. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v. 47, p. 156–163, 2008.

CANE, J. H.; TEPEDINO, V. J. Gauging the effect of honey bee pollen collection on native bee communities. **Conservation Letters**, v. 10, n. 2, p. 205-210, 2016. doi.org/10.1111/conl.12263

CARVALHO, A.T.; ZANELLA, F.C.V. Espécies de abelhas sem ferrão criadas no estado do Rio Grande do Norte. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KOÉDAM, D.; HRNCIR, M. (Eds.) **Abelha Jandaíra** no passado, no presente e no futuro. Mossoró: EdUFERSA, p. 41-72. 2017.

CORREIA, F. C. da S.; FRANCISCO, R. da S.; PERUQUETTI, R. C.; Palinologia e a interação planta-abelha: revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 20, n. 4, p. 247-251, out./dez. 2017.

COSTA, C.C.A.; SILVA, C.I.; MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A.C.L.; IMPERATRIZ FONSECA, V.L. Origem botânica do mel jandaíra em áreas da Caatinga nativa do Rio Grande do Norte. In: IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KOÉDAM, D.; HRNCIR, M. A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro (Eds.). Mossoró: EdUFERSA, p. 161-166. 2017.

COSTA, J.M.O.; PINTO, C.W.C.; BRITO, L.H.R.; NÓBREGA JÚNIOR, J.E. Flora apícola em área de manejo da caatinga no município da Prata, PB. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária** v,12, p. 1-6. 2018.

CHESSON, P. Mechanisms of maintenance of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 31, p. 343–366, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.31.1.343>

DENISOWA, B.; DENISOW-PIETRZYKB, M. Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, v. 96, n. 13, p. 4303-4310, 2016.

DIAS, I.M.S.; SILVA, F.H.M.; LIMA, L.C.L.; SABA, M.D. Caracterização polínica da flora apícola de uma área de Caatinga do Nordeste do Brasil. **Ciências Botânicas**, v. 100, p.1025-1039. 2022. doi: 10.17129/botsci.2977.

DOMINGUES, H. A.; e BITAR, N. A. B. Implantação de uma palinoteca no herbário Mandevilla sp. **Revista Perquirere**, v. 11, n. 2, p. 238-253, 2014.

ECKHARDT, M.; HAIDER, M.; DORNAND, S.; MULLER, ANDREAS. Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen Properties. **Journal of Animal Ecology**, v. 83, n. 3, p. 588-597, 2014.

ERDTMAN, G. **The acetolysis method.** *Svensk Botanisk Tidskrift*, v.54, n.4, p.561-564. 1960.

GABRIELE, M.; PARRI, E.; FELICOLI, A.; SAGONA, S.; POZZO, L.; BIONDI, C.; DOMENICI, V.; PUCCI, L. Phytochemical composition and antioxidant activity of Tuscan bee pollen of different botanic origins. Italian **Journal of Food Science**, v. 27, n.2, p. 248-259, 2015.

GARIBALDI, L.A.; CUNNINGHAM, S.A.; AIZEN, M.A.; PACKER, L.; HARDER, L.D. The potential for insect pollinators to alleviate global pollination deficits and enhance yields of fruit and seed crops. In: ROUBIK, D.W. (Ed.) **The Pollination of Cultivated Plants** – a compendium for practitioners, FAO: Roma, v. 1, 2 Ed. p. 35-53. 2018.

GELDMANN, J.; GONZÁLEZ-VARO, J.P. Conserving honey bees does not help wildlife. **Science**, v. 359, p. 392–393, 2018. <https://doi.org/10.1126/science.aar2269>.

GESLIN, B.; GAUZENS, B.; BAUDE, M.; DAJOZ, I.; FONTAINE, C.; HENRY, M.; ROPARS, L.; ROLLIN, O.; Thébault, E., Vereecken, N.J. Chapter four - massively introduced managed species and their consequences for plant-pollinator interactions. In: Bohan, D.A., Dumbrell, A.J., Massol, F. (Eds.), *Advances in Ecological Research, Networks of Invasion: Empirical Evidence and Case Studies.* **Academic Press**, p. 147–199. 2017. <https://doi.org/10.1016/bs.aecr.2016.10.007>.

GIAMPIERI, F.; AFRIN, S.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; GASPARINI, M.; AMICI, A.; CIANCAGLINI, M.; REBOREDO-RODRIGUEZ, P.; MANNA, P. P.; ZHANG, J.; BATTINO, M. Bee products: an emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v. 70, n. 23, p. 6833-6848, 2022.

GIANNINI, T. C.; MAIA-SILVA, C.; ACOSTA, A. L.; JAFFÉ, R.; CARVALHO, A. T.; MARTINS, C. F.; ZANELLA, F. C. V.; CARVALHO, C. A. L.; HRNCIR, M.; SARAIVA, A. M. J.; SIQUEIRA, O.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L. Protecting a managed bee pollinator against climate change: strategies for an area with extreme climatic conditions and socioeconomic vulnerability. **Apidologie**, v. 48, p. 84–794, 2017.

GONÇALVES, L.S. A influência do comportamento das abelhas africanizadas na produção, capacidade de defesa e resistência à doenças. **Anais do I Encontro Sobre Abelhas de Ribeirão Preto**; p. 69-79. 1994.

GONÇALVES, P. J.S.; ESTEVINHO, L. M.; PEREIRA, A. P.; SOUSA, J. M.C.; ANJOS, O. Computational intelligence applied to discriminate bee pollen quality and botanical origin. **Food Chemistry**, p. 1-7, 2017.

GOSSELIN, M.; MICHEZ, D.; VANDERPLANCK, M.; ROELANTS, D.; GLAUSER, G.; RASMONT, P. Does *Aconitum septentrionale* chemically protect floral rewards to the advantage of specialist bumblebees? **Ecological Entomology**, v. 38, p. 400–407, 2013.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, v. 4, n. 1, p. 1–9, 2001.

HILGERT-MOREIRA, S. B. Recursos polínicos utilizados por *Melipona obscurior* Moure e *Apis mellifera* Linnaeus na Mata Atlântica no sul do Brasil: subsídios para o manejo de polinizadores e a conservação da biodiversidade. **Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**. p.113, 2012.

HRNCIR, M.; BARTHOLOMEW, D. P.; WITTMANN, D.; ZUCCHI, R. Stingless bees and their adaptations to extreme environments. *Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology*, v. 205, n. 3, p. 415–426, 2019.

HYDE, H.; WILLIAM, D. Palynology. *Nature*, v. 155-265, p. 265, 1945.

HUTCHINSON, G. E. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, v. 22, p. 415–427, 1957.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. <http://www.ibge.gov.br>. 2022. acessado em 08 de agosto de 2024.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A.T.; MAIA, U.M.; BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C.A.L.; CARVALHO-ZILSE, G.A.; FREITAS, B.M. MENEZES, C.; RIBEIRO, M.F.; VENTURIERI, G.C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Bees for development: Brazilian survey reveal show to optimize stingless beekeeping. **Plos One**, v. 10, n. 03, p. 1-21, 2015.

JAFFÉ, R.; VEIGA, J. C.; POPE, N. S. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. *Evolutionary Applications*, v. 12, n. 6, p. 1164–1177, 2019.

KARAM, V. M.; SILVA, T. M. S; SANTOS, F. de A. R. dos. Perfil polínico do pólen apícola do semiárido do Nordeste brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 36, e20220205, 2022.

KERR, W.E. The history of introduction of African bees to Brazil. **South African Bee Journal**, v. 39, n. 2, p. 3-5. 1967.

KIELISZEK, M. et al. Pollen and bee bread as new health-oriented products: A review. **Trends in Food Science and Technology**, v. 71, p. 170–180, 2018.

KLEIJN, D.; BIESMEIJER, K.; DUPONT, Y.L.; NIELSEN, A.; POTTS, S.G.; SETTELE, J. Bee conservation: inclusive solutions. **Science**, v. 360, p. 389-390, 2018.

LEONHARDT, S. D.; GALLAI, N.; GARIBALDI, L. A.; KUHLMANN, M.; KLEIN, A. M. Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology*, v. 14, n. 6, p. 461–471, 2013. DOI: [10.1016/j.baae.2013.06.003](https://doi.org/10.1016/j.baae.2013.06.003)

LETTEN, A.D, PJ Ke e T. FUKAMI. Vinculando Moderno Teoria da Coexistência e Teoria Contemporânea de Nicho. **Monografias Ecológicas**, v.87, n.2, p.161–177. 2017.

LI, Q. Q.; WANG, K.; MARCUCCI, M. C.; SAWAYA, A. C. H. F.; HU, L.; XUE, X. F.; HU, F. L. Nutrient-rich bee pollen: A treasure trove of active natural metabolites. *Journal of Functional Foods*, v. 49, p. 472–484, 2018.

LIAU-KANG, S.; BARDUZZI, R. F.; CALDERÓN, G. L.; MARENGA JUNIOR, E.; SIMON, M. F.; SANTOS, F. A. R.; BORGES, L. M. More of almost the same: novel pollen descriptions uncover subtle morphological variation in *Mimosa* L. (Leguminosae, Mimoseae). *Brazilian Journal of Botany*, v. 47, p. 1071-1090, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40415-024-01033-8>

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of Melissopalynology. **Bee World**, v. 51, n. 3, p. 125–138, 1970.

LOUVEAUX, J.; MAURIZIO, A.; VORWOHL, G. Methods of Melissopalynology. **Bee World**, v. 59, n. 4, p. 139–157, 1978.

LUNA, A. A.; CARNEIRO, M. S.S.; FURTADO, R. N.; SILVA, G. J. G. M, Campanha MM, Medeiros HR. Levantamento florístico e fitossociológico em área de Caatinga manipulada durante o período chuvoso. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n.1, p. 41-49, 2015. Doi: 10.15528/2176-4158

MAGALHÃES-E-SILVA, F. H.; SANTOS, F. A. R. dos. Pollen Rain in a Semi-Arid Area of Northeastern Brazil: Pollen Diversity, Concentrations over Two Years and Their Relationship with Ecological Aspects. **Aerobiology**, v. 2, p. 118–146, 2024. <https://doi.org/10.3390/aerobiology2040009>.

MAIA-SILVA, C., HRNCIR, M., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., E SCHORKOPF, D. L. P. Stingless bees (*Melipona subnitida*) adjust brood production rather than foraging activity in response to changes in pollen stores. **Journal of Comparative Physiology A**, 202, 723-732. 2016.

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Sobrevivência estratégias das abelhas sem ferrão (*Melipona subnitida*) em um ambiente imprevisível, a floresta tropical seca brasileira. **Apidologie** v.46, p.631–643. 2015. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0354-1>.

MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A.A.C.; HRNCIR, M.; PEREIRA, J.S.; IMPERATRIZ FONSECA, V.L. The contribution of palynological conservation: a case study with *Melipona subnitida*. In: VIT, P.; SILVIA, R.M.; ROUBIK, D. (Eds.) Pot-pollen in stingless bee melittology. **Springer International Publishing**, v. 1, p. 89-101. 2018.

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; SILVEIRA, F. A. O.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees (*Melipona subnitida*) overcome severe drought events in the Brazilian tropical dry forest by opting for high-profit food sources. *Neotropical Entomology*, v. 49, p. 330–342, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13744-019-00756-8>

MATOS, V. R.; SANTOS, F. A. Pollen in honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic rainforest area in Bahia, Brazil. **Palynology**, v. 41, n.1, p.144-156, 2017.

MEDEIROS, A. J. DANTAS DE. *Pólen apícola coletado por abelhas Apis mellifera L. (africanizadas) no semiárido potiguar*. Tese (Doutorado em Ciência Animal: Sanidade e Produção Animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, RN, 2017.

MELO NASCIMENTO, J. E. Caracterização botânica e físico-química do mel e pólen dos meliponíneos e pólen da *Apis*. UEM - Universidade Estadual de Maringá, 2020.

MELO, I. L. P.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. Comparison of methodologies for moisture determination on dried bee pollen samples. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.31, n. 1, p. 194-197, 2011.

MICHENER, C. D. The Bees of the World. 2.ed., Baltimore: **Johns Hopkins University Press**, 2007.

MICHENER, C. D. The Bees of the World. Baltimore: **Johns Hopkins University Press**, p.913, 2000.

MODRO, A. F. H.; MESSAGE, D.; LUZ, C. F. P.; NETO, J. A. A. M. **Composição e qualidade de pólen apícola coletado em Minas Gerais**. Pesquisa Agropecuária Brasil. v.42, p. 1057- 1065. 2007.

MORAES, J.I. da S.; LOPES, M.T. do R.; FERREIRA-GOMES, R.L.; LOPES, A.C. de A.; PEREIRA, F. de M.; SOUZA, B. de A. e PEREIRA, L.A. Bee Flora and Use of Resources by Africanized Bees. **Floresta e Ambiente**, v. 27, e20170083, 2020.

MOUILLARD-LAMPLE, L.; GONELLA, G.; DECOURTYE, A.; HENRY, M.; e BARNAUD, C. Competition between wild and honeybees: Floral resources as a common good providing multiple ecosystem services. **Ecosystem Services**, v.62, 101538. 2023.

MUNIZ, F.H.; e BRITO, E.R. Levantamento da flora apícola do município de Itapecuru-Mirim, Maranhão. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p.111-113, 2007.

NASCIMENTO, J. E. de M; FREITAS, B. M.; SOUZA PACHECO FILHO, A. J.; PEREIRA, E. S.; MENESES, H. M.; ALVES, J. E.; SILVA, C. I. Temporal variation in production and nutritional value of pollen used in the diet of *Apis mellifera* L. in a seasonal semideciduous forest. **Sociobiology**, v. 66, n. 2, p. 263–273, 2019.

NOGUEIRA, C.; IGLESIAS, A.; FEÁS, X.; ESTEVINHO, L.M. Commercial bee pollen with Dedifferent geographical origins: A comprehensive approach. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 13, n. 9, p. 11173 -11187, 2012.

OLIVEIRA, P.P.; E SANTOS, F.A.R.; Prospecção Palinológica em Méis da Bahia. Feira de Santana: **Print Mídia**, p. 120, 2014.

PAGE, M. L.; WILLIAMS, N. M. Evidence of exploitative competition between honey bees and native bees in two California landscapes. **Journal of Animal Ecology**, v. 92, n. 9, p. 1802-1814, 2023.

PAINI, D. R. e ROBERTS, J. D. Commercial honey bees (*Apis mellifera*) reduce the fecundity of an Australian native bee (*Hylaeus alcyneus*). **Biol. Cons.** v.123, n. 1, p. 103-112. 2005.

PAREDES, R.; BRYANT, V. M. Pollen analysis of honey samples from the Peruvian Amazon. **Palynology**, v. 44, n. 2, p. 344–354, 2020.

PIANKA, E. R. Evolutionary ecology. New York: Harper & Row, 1974.

POTTER, A. B.; HUTCHINSON, M. C.; PANSU, J.; B. WURSTEN, RA LONG, JM LEVINE e RM PRINGLE. Mecanismos de partição de recursos dietéticos em assembleias de grandes

herbívoros: uma abordagem baseada em características vegetais. **Revista de Ecologia**, v.110, n. 4, p. 817-832. 2022.

POTTS, S. G., IMPERTATIRZ - FONSEA, V., NGO, H. T., BIESMEIJER, J. C., BREEZE, T. D., DICKS, L. V., VIANA, B. F. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n.7632, p. 220–229, 2016. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature20588>.

PUNT, W.; HOEN, P. P.; BLACKMORE, S.; NILSSON, S.; e LE THOMAS, A. Glossary of pollen and spore terminology. **Review of palaeobotany and palynology**, v.143, n.1-2, p.1-81. 2007.

QUIRINO, Z.G.M.; MACHADO, I.C. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 1, p. 62-71, 2014.

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, n. 1, p. 038-045, 2007.

RECH, A. R.; ABSY, M. L. Pollen storages in nests of bees of the genera *Partamona*, *Scaura* and *Trigona* (Hymenoptera, Apidae). **Revista brasileira de entomologia**, v. 55, n. 3, p. 361–372, 2011.

REDE de catálogos polínicos online. Disponível em: <https://rcpol.mn.ufrj.br/pt/home/> acesso 05 de agosto de 2024.

RÊGO, L. G. S. Pedogênese e classificação de solos da Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” no município de Mossoró-RN. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 36-42, 2016.

REIS, H. S. dos; SANTOS, V. de J; SILVA, F. H. M; SABA, M. D., Floristic characterization and pollen morphology of plants visited by *Apis mellifera* L. in Caatinga areas in Bahia, Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 37, p. e20220264, 2023.

REIS, H.S.; ARAÚJO, S.O.; LIMA, L.C.L.; SILVA, F.H.M.; DIOGO, I.J.S, SABA, M.D. Análise qualitativa do mel de *Apis mellifera* L. em área ecótona do semiárido baiano. **Scientia Plena**, v.17, p. 051502. 2021. doi: 10.14808/sci.plena.2021.051502

ROCHA, A.M.; LUZ, A.R.M.; ABREU, M.C. Composição e similaridade florística de espécies arbóreas em uma área de Caatinga, Picos, Piauí. Pesquisas, **Botânica**, v.70, p. 175-185. 2017.

ROGERS, S. R.; CAJAMARCA, P.; TARPY, D. R., & BURRACK, H. J. Honey bees and bumble bees respond differently to inter-and intra-specific encounters. **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 621-629, 2013.

ROUBIK, D. W. An overview of Africanized honey-bee populations: reproduction, diet, and competition, p. 45-54. 1988.

ROUBIK, D. W. Competitive interactions between neotropical pollinators and africanized honey bees. **Science**, v.201, n.4360, p.1030-1032. 1978.

ROUBIK, D. W. Why do they keep changing the names of our stingless bees (Hymenoptera: Apidae; Meliponini)? A little history and guide to taxonomy. **Apidologie**, v. 44, n. 6, p. 653–662, 2013.

SABINO, F.G.S.; CUNHA, M.C.L.; SANTANA, G.M. Estrutura da Vegetação em Dois Fragmentos de Caatinga Antropizada na Paraíba. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n.4, p. 487-497, 2016.

SANQUETTA, M.N.I.; CORTE, A.P.D.; SANQUETTA, C.R.; RODRIGUES, A.L.; MONGON, F. Diversidade e estrutura fitossociológica da Caatinga na região de Brumado-BA. **Enciclopédia Biosfera** 10: 2157-2167. 2014.

SANT'ANA, R. S.; CARVALHO, C. A. L.; ODA-SOUZA, M.; SOUZA, B. A.; DIAS, F. S. Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region. *Food Chemistry*, Bruxelas, v. 327, art. 127041, p. 1-6, 2020.

SANTOS, F. A. R.; KILL, L. H. P.; TORRES, D. S. C.; LIMA, L. C. L.; SILVA, T. M. S.; NOVAIS, J. S.; DÓREA, M. C.; CARNEIRO, C. E.; CORREIA, M. C. N. Grupos de uso e as espécies prioritárias: espécies melíferas. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (Org.). *Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro – Região Nordeste*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2018.

SANTOS, G. G.; MESQUITA, J. A.; SOUSA, B. F. S.; NASCIMENTO, C. A. J.; SOUSA, R. N.; FERREIRA, H. A.; BARROS, J. D. R. S. A meliponicultura atua na conscientização ambiental e incrementa a renda de comunidades carentes no Maranhão. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 63578-63585, 2020.

SANTOS, P. C.; NASCIMENTO, A. S.; SODRÉ, G. S.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; FERREIRA, M. A.; ANDRADE, B. R.; CALDAS, M. J. M.; NUNES, L. A.; ESTEVINHO, L. M. Pollen spectrum of honey of *Apis mellifera* L. and stingless bees (Hymenoptera: Apidae) from the semi-arid region of Bahia State, Brazil. **Grana**, v. 59, n. 1, p. 46-62, 2020.

SANYAL, A.; BASU, S.; SAHA, S.; CHOWDHURY, A. Revolutionizing the use of honeybee products in healthcare: a focused review on using bee pollen as a potential adjunct material for biomaterial functionalization. **Journal of Functional Biomaterials**, Basel, v. 14, n. 7, art. 352, p. 1-30, 2023.

SEDIVY, C.; PISKORSKI, R.; MULLER, A.; DORN, S. Too low to kill: concentration of the secondary metabolite ranunculin in buttercup pollen does not affect bee larval survival. **Journal of Chemical Ecology**, v. 38, p. 996–1002, 2012.

SERRANO, M.I.A. Identificação de compostos fenólicos e teor de minerais no pólen. 78 p. 2014. Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, 2014.

SILVA, A. P. C.; SANTOS, F. A. R. Pollen diversity in honey from Sergipe, Brazil. **Grana, Stockholm**, v. 53, n. 2, p. 159-170, 2014.

SILVA, A.S. Aumento do aporte de pólen em colônias de abelhas *Apis mellifera* pela indução do florescimento da jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) durante o período seco na caatinga do baixo jaguaribe cearense. Dissertação apresentada ao Programa de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, p.51. 2013.

SILVA, Irana P.; ARAÚJO, E. D.; CAMARGO, R. C. R.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A. Antioxidants activity and physicochemical properties of honey from social bees of the Brazilian semiarid region. *Journal of Apicultural Research*, v. 60, n. 5, p. 797–806, 2021.

SOUZA, R. R.; ABREU, V. H. R.; NOVAIS, J. S. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology*, [S. l.], published online: 30 Dec. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/01916122.2018.1542355>.

SCHOENER, T. W. The Anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. *Ecology*, v. 49, n. 4, p. 704–726, 1968. DOI: [10.2307/1935534](https://doi.org/10.2307/1935534)

STORT, A. C.; GONÇALVES, L. S. A africanização das abelhas *Apis mellifera* nas Américas. **Venenos animais: uma visão integrada**. Rio de Janeiro: EPUC, p. 33-47, 1994.

THOMSON, D. M.; PAGE, M. L. The importance of competition between insect pollinators in the Anthropocene. *Current Opinion in Insect Science*, v. 38, p. 55-62, 2020. doi.org/10.1016/j.cois.2019.11.001

TORNÉ- NOGUERA, A.; RODRIGO, A.; OSORIO, S., & BOSCH, J. Collateral effects of beekeeping: Impacts on pollen- nectar resources and wild bee communities. **Basic and Applied Ecology**, v.17, n.3, p.199– 209. 2016. doi.org/10.1016/j.baae.2015.11.004.

VALIDO, A.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M. C.; JORDANO, P. Honeybees disrupt the structure and functionality of plant-pollinator networks. *Scientific reports*, v. 9, n. 1, p. 4711, 2019. doi.org/ 10.1038/s41598-019-41271-5

VELLOSO, A.L.; SAMPAIO, E.V.S.B.; PAREYN, F.G.C. Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga. Recife: Associação Plantas do Nordeste. The Nature Conservancy do Brasil, p. 76, 2002.

VILLANUEVA-G, R.; ROUBIK, D. Why are African honeybees and not European bees invasive? Pollen diet diversity in community experiments. *Apidologie*, v. 35, n. 5, p. 481-491, 2004.

XIMENES, L. F.; VIDAL, M. de F. **Agropecuária: Mel Natural**. 2023.

YANG, K.; WU, D.; YE, X.; LIU, D.; CHEN, J.; SUN, P. Characterization of Chemical Composition of Bee Pollen in China. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 61, n. 3, p. 708-718, 2013.