



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PPGZ UFC/UFPB

HIARA MARQUES MENESES

EFEITO DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO, CLIMA E DIETA NA CRIAÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida* DUCKE) EM ÁREA DE CAATINGA

FORTALEZA

2021

HIARA MARQUES MENESES

EFEITO DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO, CLIMA E DIETA NA CRIAÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida* DUCKE) EM ÁREA DE CAATINGA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Zootecnia. Área de concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M488e Meneses, Hiara Marques.
Efeito do grau de antropização, clima e dieta na criação de colônias da abelha Jandaira (*Melipona subnitida* Ducke) em área de Caatinga / Hiara Marques Meneses. – 2021.
126 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas.

1. Criação de abelhas. 2. Espectro polínico. 3. Flora meliponícola. 4. Meliponicultura. 5. Recursos tróficos.
I. Título.

CDD 636.08

HIARA MARQUES MENESES

EFEITO DO GRAU DE ANTROPIZAÇÃO, CLIMA E DIETA NA CRIAÇÃO DE COLÔNIAS DA ABELHA JANDAÍRA (*Melipona subnitida* Ducke) EM ÁREA DE CAATINGA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Zootecnia.
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB)

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Luiz Wilson Lima Verde
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^a. Dra. Vera Lúcia Imperatriz Fonseca
Universidade de São Paulo (USP)

A Deus.

À minha família, de gente e de abelha.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e sabedoria para trilhar os árduos caminhos da pesquisa científica no Brasil.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Breno Magalhães Freitas, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Dr. Luiz Wilson Lima Verde, Prof. Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino, Prof^ª. Dra. Vera Lúcia Imperatriz Fonseca e Prof. Dr. Carlos Alfredo de Carvalho pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A Associação Caatinga, principalmente o núcleo de Crateús, por me acolher tão bem nas dependências da Reserva Natural Serra das Almas – RNSA durante os períodos de coleta de dados, disponibilizar espaço e colônias para realização de parte do experimento e todo o auxílio na operacionalização das coletas de campo. Ao agente de mobilização Carlito Lima, que auxiliou em todas as coletas e foi uma companhia imprescindível para que os exaustivos campos fossem mais leves e divertidos. Aos guardas-parque da Reserva Natural Serra das Almas que muitas vezes auxiliaram nas coletas em campo e sempre estavam dispostos a me transportar entre as áreas. Ao Gilson Miranda, coordenador de tecnologias sustentáveis da Associação Caatinga, e toda a equipe técnica por todo apoio e por acreditarem no potencial da meliponicultura como atividade capaz de mudar para melhor a realidade do pequeno produtor rural.

À coordenação e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – PPGZ UFC pela imensa colaboração em meu crescimento acadêmico e pessoal. Sou profundamente grata também à Secretária do PPGZ UFC, Francisca Beserra, pelo auxílio ao longo de todo o mestrado e doutorado.

Ao Laboratório de Nutrição Animal – LANA da Universidade Federal do Ceará por disponibilizar estrutura, equipamentos e material para a realização de todas as análises bromatológicas deste estudo.

Aos colegas do Grupo de Pesquisa com Abelhas da Universidade Federal do Ceará – GPA/UFC, pelo apoio e companhia ao longo de todos esses anos: Arianne Moreira, Artur Barbosa, Conceição Parente, David Rezende, Diego Lourenço, Elton Melo, Elves, Epifânia de Macêdo, Felipe Jackson, Felipe Rosa, Gercy Pinto, Jameson Guedes, Janaely Silva, Jânio Félix, João Paulo, Larysson Feitosa, Leonardo Gurgel, Letícia Ferreira, Marcela Sheila, Marcos Venancio, Nádia Carvalho, Paloma Eleutério, Pedro de Assis, Victor Monteiro

e Vitoria Inna. Também ao funcionário Sr. Francisco José Carneiro da Silva e todos os demais que tanto auxiliaram meu processo de doutoramento.

Em especial, a todos os produtores e produtoras que me receberam tão bem e me permitiram entrar em suas casas, manejar e realizar essa pesquisa com suas estimadas colônias. Foi um grande prazer conhecer a todos vocês e ter a honra dessa convivência com suas famílias ao longo dos dois anos de experimento.

À minha família (Francisca Marques, Ernaldo Fernandes, Sérgio Soares e Luizinho Meneses), base de tudo isso, que me deu força e incentivo desde o primeiro instante para que eu fosse capaz de trilhar todo esse longo caminho.

Minha gratidão e reconhecimento a todos vocês!

“[...] o que eu queria mas não te conto
é abraçar a baleia mergulhar com ela [...]”

Alice Sant’Anna

RESUMO

A meliponicultura é uma atividade em expansão e que tem tido um rápido desenvolvimento nos últimos anos. Entretanto, muitas lacunas de conhecimento ainda existem a respeito dos fatores que afetam o desenvolvimento e a produtividade desse grupo de abelhas. Assim, buscou-se avaliar a influência do clima, da dieta e dos diferentes graus de antropização de áreas no desenvolvimento e produtividade da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*) criada na Caatinga. Oitenta e cinco colônias de *Melipona subnitida* foram acompanhadas por dois anos em cinco áreas com diferentes graus de antropização. Delas foram coletados mensalmente dados de desenvolvimento das colônias (número de discos de cria e recursos armazenados) e amostras de pólen para avaliação quantitativa e qualitativa desse material, bem como avaliação palinológica. Além disso, foram coletados dados de parâmetros climáticos da área (temperatura máxima, média e mínima; precipitação pluviométrica; e umidade), dos meliponários (temperatura e umidade) e do interior das colônias (temperatura). O tamanho da população das colônias, avaliado pela quantidade de cria, variou entre as áreas e ao longo do ano, com média de $4 \pm 1,6$ discos de cria/colônia e pico de população no mês de março. A temperatura do interior da colônia foi, em média, $1,9 \pm 0,03$ ° C inferior à temperatura do meliponário. A quantidade de recursos armazenados também variou entre as áreas e ao longo do ano, sendo encontradas correlações entre parâmetros de desenvolvimento das colônias e climáticos, com média de $6 \pm 5,8$ e $22 \pm 17,6$ potes de pólen e mel/colônia, respectivamente. Uma das áreas preservadas e a área com maior grau de antropização ganham destaque no acúmulo desses recursos. A qualidade do pólen avaliado não variou entre as áreas. Todavia, houve variação ao longo do ano principalmente nos níveis de proteína bruta, que foram de 19,34 a 58,62 %, com média de $36,2 \pm 7,58$ % e pico no mês de abril (média de $46,20 \pm 2,61$ %). Os parâmetros bromatológicos também estiveram correlacionados com os fatores climáticos. Pólens de trinta e sete espécies foram identificados na dieta de *M. subnitida*, ganhando destaque o grupo das Fabaceae, com 24 espécies. Houve diferença entre os dois anos com relação a riqueza de espécies utilizadas (36 espécies em 2017 e apenas 23 em 2018) e variação no grau de importância dos tipos polínicos quando comparados dados de frequência e volume. Pólen de espécies do estrato arbóreo estiveram em maior número dentre as plantas que serviram de fonte de recursos, sendo as principais espécies da dieta de *M. subnitida*, respectivamente: *Mimosa tenuiflora*, *Senna siamea*, *Mimosa caesalpinifolia*, *Chamaecrista duckeana* e *Anadenanthera colubrina*, em frequência; e *Senna siamea*, *Senna uniflora*, *Mimosa tenuiflora*, *Chamaecrista duckeana* e *Solanum paniculatum*, em volume. As

colônias das áreas diferiram entre espécies e utilização destas em sua dieta ao longo do ano. Dessa forma, constatou-se que estratégias de escolha, coleta e armazenamento de recursos tróficos eficientes explicam a grande resiliência de *M. subnitida* que consegue sobreviver e até apresentar colônias produtivas e populosas nas difíceis condições da caatinga, persistindo mesmo em áreas com maior grau de antropização. Essas estratégias são afetadas por parâmetros climáticos e da flora que interferem de forma significativa no desempenho e produtividade das colônias, e alterações potenciais desses padrões devem ser levados em consideração nos esforços de criação e conservação de *M. subnitida*.

Palavras-chave: criação de abelhas; espectro polínico; flora meliponícola; meliponicultura; nutrição; recursos tróficos.

ABSTRACT

Meliponiculture is an expanding activity that has developed rapidly over the years. However, many knowledge gaps still exist regarding the factors that affect the development and productivity of these bees. Thus, we sought to evaluate the influence of climate, diet and different anthropization degrees of areas on the development and productivity of *Melipona subnitida* reared in the Caatinga. Eighty-five colonies of *Melipona subnitida* were studied for two years in five areas with different anthropization degrees. From them, colony development data (brood and stored resources) and pollen samples were collected monthly for quantitative and qualitative evaluation, as well as palynological analysis. In addition, data on the climatic parameters were collected on the area (maximum, average and minimum temperature; precipitation; and humidity), from the meliponaries (temperature and humidity) and from the interior of the colonies (temperature) were also collected. The population size of the colonies, evaluated by the amount of brood, varied between areas and throughout the year, with an average of 4 ± 1.6 brood disks/colony and population peak happened in March. The temperature inside the colony was about 1.9 ± 0.03 ° C lower than the temperature of the meliponary. The amount of stored resources also varied between areas and throughout the year, with correlations being found between colony development and climate parameters, with an average of 6 ± 5.8 and 22 ± 17.6 pots of pollen and honey/colony, respectively. One of the preserved areas and the area with the highest anthropization degree stand out in the accumulation of these resources. The quality of the pollen evaluated did not vary between areas. However, there was variation throughout the year mainly in the levels of crude protein, which ranged from 19.34 to 58.62%, with an average of $36.2 \pm 7.58\%$ and peak in April (average of $46.20 \pm 2.61\%$). Chemical parameters were also correlated with climatic factors. Pollens of thirty-seven species were identified in the diet of *Melipona subnitida*, highlighting the group of Fabaceae, with 24 species. There was a difference between the two years regarding the richness of species used (36 species in 2017 and only 23 in 2018) and variation in the degree of importance of pollen types when comparing frequency and volume data. Pollen from tree stratum species were in greater number among the plants that served as a source of trophic resources. The main species in the diet of *Melipona subnitida* were, respectively: *Mimosa tenuiflora*, *Senna siamea*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, *Chamaecrista duckeana* and *Anadenanthera colubrina*, for frequency in the samples; and *Senna siamea*, *Senna uniflora*, *Mimosa tenuiflora*, *Chamaecrista duckeana* and *Solanum paniculatum*, in volume. Colonies in the areas differed between species and diet throughout the year. Thus, it

was found that efficient strategies for choosing, harvesting and storing trophic resources explain the great resilience of *M. subnitida*, which manages to survive and even present productive and populous colonies in the difficult conditions of the caatinga, persisting even in areas with a higher degree of anthropization. These strategies are affected by climatic and flora parameters that significantly interfere in the performance and productivity of colonies, and potential changes in these patterns must be taken into account in efforts to rear and conserve *M. subnitida*.

Keywords: bee flora; beekeeping; meliponicultura; nutrition; pollen spectrum; trophic resources.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Área de distribuição dos meliponíneos no planeta. Vermelho: limite da zona tropical; Amarelo: limite da zona subtropical	21
Figura 2	– Riqueza do número de espécies de meliponíneos nos países de ocorrência natural do grupo.....	23
Figura 3	– <i>Melipona subnitida</i> visitando flores de (A) <i>Waltheria indica</i> , (B) <i>Psidium guajava</i> e (C) <i>Serjania glabrata</i>	26
Figura 4	– Colônias de <i>Melipona subnitida</i> acondicionadas no beiral de casa na comunidade Xavier, entorno da Reserva Natural Serra das Almas, Crateús, Ceará	36
Figura 5	– Operária de <i>Melipona subnitida</i> , conhecida popularmente como Jandaíra	37
Figura 6	– Georeferenciamento do município de Crateús, Ceará.....	40
Figura 7	– Colônia de <i>Melipona subnitida</i> tendo dados de temperatura do interior da colmeia sendo coletados por meio de termohigrômetro digital	41
Figura 8	– Georeferenciamento da região de estudo dentro da distribuição do bioma Caatinga (A) e das áreas de estudo (B), com detalhamento das áreas em relação ao grau de antropização (C).....	43
Figura 9	– Áreas de estudo na Reserva Natural Serra das Almas e comunidades do entorno (Crateús, Ceará) e a distância entre elas	43
Figura 10	– Interior de colmeia de <i>Melipona subnitida</i> criada na Caatinga	45
Figura 11	– Coleta de pólen armazenado em colônias de <i>Melipona subnitida</i> . A: Pólen sendo coletado por meio de inserção de canudo plástico no centro do pote; B Pote de pólen após a coleta.....	46
Figura 12	– Fluxograma de análises com as amostras de pólen de <i>Melipona subnitida</i> criadas na Caatinga	47
Figura 13	– Principais tipos polínicos da dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga ao longo de 2017 e 2018	64
Figura 14	– Fatores correlacionados à variação na população de colônias de <i>Melipona</i>	96

subnitida ao longo do ano.....

Figura 15 – Relações dos parâmetros climáticos e individuais da colônia na interação
clima-abelha-planta..... 100

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Espécies de meliponíneos criados no Brasil. Elaborado a partir de dados do material suplementar de JAFFÉ et al., 2015	34
Gráfico 2	– Variação dos parâmetros de desenvolvimento de colônias de <i>Melipona subnitida</i> em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização	53
Gráfico 3	– Dendograma das relações entre cinco áreas com diferentes graus de antropização e parâmetros de desenvolvimento (número de discos, potes de pólen e mel) de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga	54
Gráfico 4	– Correlação de Spearman entre fatores climáticos e parâmetros de desenvolvimento de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga	56
Gráfico 5	– Parâmetros climáticos de Crateús ao longo de 2017 e 2018.....	58
Gráfico 6	– Estimativa do pólen coletado (g/mês) mensalmente por colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização ao longo de 2017 e 2018	59
Gráfico 7	– Variação mensal dos parâmetros bromatológicos do pólen de <i>Melipona subnitida</i> criadas áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização ao longo de 2017 e 2018	60
Gráfico 8	– Dendograma das relações entre cinco áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização para os os parâmetros bromatológicos de amostras de pólen da dieta de <i>Melipona subnitida</i>	61
Gráfico 9	– Correlação entre fatores climáticos e parâmetros bromatológicos do pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga	62
Gráfico 10	– Número de espécies, frequência e volume de tipos polínicos por famílias vegetais identificados em amostras de pólen de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga	70
Gráfico 11	– Contribuição dos diferentes estratos da vegetação nas espécies fontes de tipos polínicos encontrados na dieta de <i>Melipona subnitida</i> criadas em	

	áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização.....	71
Gráfico 12	– Dendograma das relações entre cinco áreas com diferentes graus de antropização para os tipos polínicos encontrados na dieta de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga	83
Gráfico 13	– Scatter plot da Análise de Componentes Principais (PCA) e biplot que relaciona os tipos polínicos encontrados na dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> com áreas de diferentes graus de antropização	84
Gráfico 14	– Rede de interações entre áreas com diferentes graus de antropização e os tipos polínicos encontrados em dieta de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga.....	86
Gráfico 15	– Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga preservada (A1) ao longo dos anos de 2017 e 2018	87
Gráfico 16	– Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga com baixo grau de antropização (A2) ao longo dos anos de 2017 e 2018	87
Gráfico 17	– Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga com alto grau de antropização (A3) ao longo dos anos de 2017 e 2018	88
Gráfico 18	– Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga com moderado grau de antropização (A4) ao longo dos anos de 2017 e 2018	88
Gráfico 19	– Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga preservada e de altitude superior a 600m (A5) ao longo dos anos de 2017 e 2018	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação das áreas da Reserva Natural Serra das Almas e comunidades do entorno de acordo com o grau de antropização e parâmetros climáticos.....	42
Tabela 2 – Medidas dos tipos polínicos (DE e DP) para cálculo de volume dos grãos (Vol), segundo Silveira (1991). DE: distância equatorial; DP: distância polar; Vol: volume de um grão de pólen	48
Tabela 3 – Aspectos gerais do desenvolvimento de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> e parâmetros ambientais durante os anos de 2017 e 2018 em área de Caatinga	52
Tabela 4 – Frequência de observações de temperatura do interior da colônia (TINT) e temperatura do meliponário (TEXT) superiores a 36° C em áreas com diferentes graus de antropização.....	56
Tabela 5 – Ocorrência de tipos de polínicos na dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga em relação ao número e volume dos grãos	67
Tabela 6 – Riqueza de espécies (Taxa S) na dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga ao longo dos anos de 2017 e 2018 ...	72
Tabela 7 – Tipos polínicos encontrados em amostras de pólen de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em áreas com diferentes graus de antropização na Caatinga	73
Tabela 8 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2017.....	75
Tabela 9 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de <i>Melipona subnitida</i> criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2018	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOAC	Association of Official Analytical Chemists
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	Abelhas “sem-ferrão”	21
2.2	Distribuição e origem dos meliponíneos	23
2.3	Fatores importantes na manutenção de colônias de abelhas “sem-ferrão” na Caatinga	24
2.3.1	<i>Riqueza e abundância de recursos tróficos</i>	24
2.3.2	<i>Clima</i>	26
2.3.3	<i>Ações antrópicas</i>	29
2.4	A criação racional de meliponíneos – Meliponicultura	31
2.4.1	<i>Meliponicultura no mundo</i>	32
2.4.2	<i>Meliponicultura no Brasil</i>	33
2.4.3	<i>Meliponicultura na região Nordeste do Brasil</i>	35
2.4.3.1	<i>A Jandaíra – Melipona subnitida</i>	36
3	MATERIAL E MÉTODOS	39
3.1	Área de estudo	39
3.2	Espécie de abelha utilizada	43
3.3	Desenvolvimento das colônias	44
3.4	Avaliação quantitativa e qualitativa do pólen	45
3.5	Avaliação palinológica do pólen de <i>Melipona subnitida</i>	47
3.6	Análise de dados	50
4	RESULTADOS	51
4.1	Desenvolvimento das colônias	51
4.2	Avaliação qualitativa e quantitativa do pólen de <i>Melipona subnitida</i>	58
4.3	Avaliação palinológica do pólen de <i>Melipona subnitida</i>	62
5	DISCUSSÃO	89
5.1	Desenvolvimento das colônias	89
5.2	Avaliação qualitativa e quantitativa do pólen de <i>Melipona subnitida</i>	97
5.3	Avaliação palinológica do pólen de <i>Melipona subnitida</i>	101
6	CONCLUSÕES	107
	REFERÊNCIAS	109

1 INTRODUÇÃO

Os meliponíneos, popularmente chamados de abelhas “sem-ferrão”, compreendem as mais de 550 espécies da tribo Meliponini (MICHENER, 2012; ASCHER; PICKERING, 2020; GRÜTER, 2020), que tem ocorrência na região tropical e subtropical do planeta (JONES, 2013). Muitas espécies são criadas de forma racional, em uma atividade denominada “Meliponicultura” (NOGUEIRA-NETO, 1953; CONTRERA; MENEZES; VENTURIERI, 2011; HALCROFT et al., 2013;; AGUILAR et al., 2013; MICHENER, 2012; CHUTTONG et al., 2014; PEDRO, 2014; JAFFÉ et al., 2015; QUEZADA-EUÁN, 2018 b; QUEZADA-EUÁN et al., 2018; LEMELIN, 2019). Essas abelhas ocorrem em cerca de 90 países, sendo a maior riqueza de espécies encontrada no Brasil, onde foram registradas 243 espécies divididas em 25 gêneros, dos quais, o que possui a maior riqueza no país é *Melipona*, com 40 espécies (ASCHER; PICKERING, 2020).

Apesar da riqueza de meliponíneos no Brasil, apenas cerca de 20 espécies são criadas de forma racional (JAFFÉ et al., 2015), sendo *Tetragonisca angustula* a mais comum entre elas. As espécies *Melipona quadrifasciata* e *Melipona subnitida* vêm em segundo e terceiro lugares entre as mais criadas no país, com 17,5% e 13,4%, respectivamente (JAFFÉ et al., 2015). No Nordeste do Brasil, no entanto, *M. subnitida*, popularmente conhecida como Jandaíra, é a espécie mais encontrada nos meliponários (JAFFÉ et al., 2015; FELIX, 2015), em uma atividade de meliponicultura tradicional que vem sendo praticada há séculos, embora de forma rústica e pouco tecnificada (CARVALHO; MARTINS, 2014; FÉLIX, 2015; IMPERATRIZ-FONSECA, KOEDAM, HRNCIR, 2017).

Por ser uma atividade de baixo custo de implantação, manejo simplificado, fácil replicabilidade e impacto ambiental positivo, além de boa viabilidade econômica (CAVALCANTE et al., 2009), a meliponicultura gera grande interesse no âmbito da agricultura familiar. Entretanto, a produtividade está altamente atrelada às espécies utilizadas, formas de manejo, tecnologia e interesse do criador (JAFFÉ et al., 2015). Assim sendo, tendo

em vista os objetivos do criatório, há várias possibilidades e formas de se fazer a criação racional de abelhas sem ferrão.

Além dos limites biológicos das espécies e do nível tecnológico do criatório, um fator que influencia no desenvolvimento e produtividade das colônias de abelhas “sem-ferrão” é a área na qual elas estão inseridas (FREITAS et al., 2009; BROWN; OLIVEIRA, 2014; TRINKL et al., 2020). Portanto, a abundância de fontes de recursos tróficos, riqueza de espécies da flora e grau de antropização podem ser fatores-chave para o sucesso do criatório. Assim, buscamos avaliar a influência do clima, da dieta e dos diferentes graus de antropização de áreas no desenvolvimento e produtividade da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*) criadas na Caatinga.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Abelhas “sem-ferrão”

Os meliponíneos, ou abelhas “sem-ferrão”, são abelhas sociais que formam colônias perenes e compreendem a tribo Meliponini. Eles possuem um complexo e altamente desenvolvido sistema social (SLAA; WASSENBERG; BIESMEIJER, 2003; JONES et al., 2012; MICHENER, 2012; GRÜTER et al., 2017; VOLLET-NETO et al., 2018) e habitam as partes tropicais e subtropicais do planeta (JONES, 2013) (Figura 1). Um grande número de espécies está catalogado para esse grupo, apesar de muitas serem crípticas, o que acaba por subestimar a projeção de número real (MICHENER, 2007).

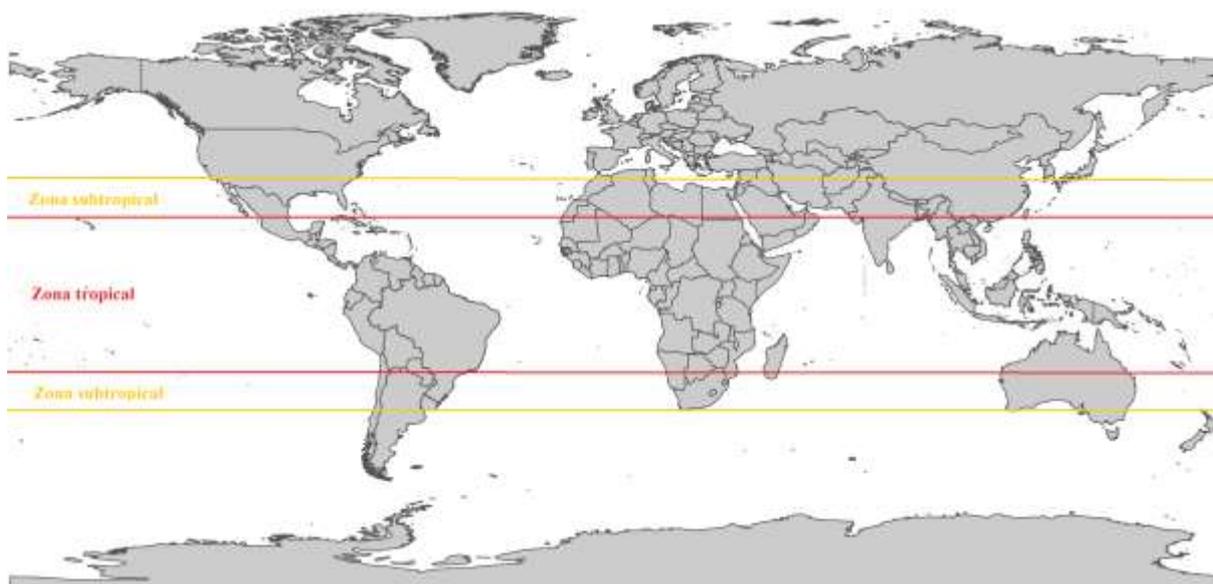


Figura 1 – Área de distribuição dos meliponíneos no planeta. Vermelho: limite da zona tropical; Amarelo: limite da zona subtropical.

Apesar de o nome popular sugerir que elas não têm ferrão, na verdade elas o têm, porém de forma vestigial (MICHENER, 2012; QUEZADA-EUÁN, 2018a). Portanto, sem poder fazer o uso do ferrão, as diversas espécies desenvolveram as mais variadas estratégias de defesa que envolvem desde mordidas a atingir o inimigo com resina e até mesmo com substâncias cáusticas (ROUBIK; SMITH; CARLSON, 1987; MICHENER, 2012; NUNES et al., 2014; GRÜTER et al., 2016; LEONHARDT, 2017; HARANO et al., 2020).

Os ninhos são, geralmente, estabelecidos em cavidades preexistentes, podendo também serem expostos, a depender da espécie (SILVEIRA et al., 2002). Para forrar ou mesmo construir totalmente o ninho, os meliponíneos podem utilizar diversos materiais, como barro, cera, ou misturas, como o “cerume” e o “batume” (NOGUEIRA-NETO, 1997). Essa estrutura constitui-se na maioria das espécies de meliponíneos, basicamente, de: uma entrada (que pode possuir formatos diferentes de acordo com a espécie); um túnel de acesso ao interior da colônia; área de discos de cria; e potes de alimento que armazenam mel e pólen (NOGUEIRA-NETO, 1997; MICHENER, 2012).

Os recursos tróficos que essas abelhas utilizam são de origem vegetal, com poucas exceções (SCHWARZ, 1948; ROUBIK, 1982), sendo o estrato da vegetação utilizado chamado de flora meliponícola. A partir desse grupo de plantas, as abelhas coletam os recursos alimentares que podem ser classificados em dois tipos: proteico (pólen) e energético (néctar). Esses recursos são utilizados tanto por abelhas adultas, quanto para o fornecimento às crias. Nesse último caso a oferta é feita de forma massal (ROUBIK, 1989), ou seja, todo o alimento necessário para o desenvolvimento do indivíduo até a fase adulta é depositado na célula antes da postura do ovo pela rainha.

A quantidade e qualidade desses alimentos armazenados na colmeia são de notável importância (DI-PASQUALE et al., 2013; MAIA-SILVA et al., 2016). Já é comprovado que quanto menor a quantidade de alimento estocado, menor será o número de células

aprovisionadas e de indivíduos produzidos (MOO-VALLE et al., 2001), bem como, o tamanho corporal (PECH-MAY et al., 2012; VEIGA et al., 2012) e a produção espermática nos machos (PECH-MAY et al., 2012).

2.2 Distribuição e origem dos meliponíneos

No mundo existem mais de 20.000 espécies de abelhas, sendo 1.905 delas encontradas no Brasil (ASCHER; PICKERING, 2020). A grande maioria possui hábito solitário e apenas cerca de 5% delas são verdadeiramente sociais (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Dentre elas, está o grupo dos Meliponíneos (tribo Meliponini), ou abelhas “sem-ferrão”, com mais de 550 espécies em todo o mundo (ASCHER; PICKERING, 2020; GRÜTER, 2020). Na região neotropical, reconhecidamente rica em relação à fauna local, são 406 espécies de meliponíneos, das quais 243 ocorrem no Brasil (ASCHER; PICKERING, 2020) (Figura 2). O gênero mais abundante é o *Melipona*, com 70 espécies no mundo, sendo que destas, 40 espécies ocorrem no Brasil (ASCHER; PICKERING, 2020).

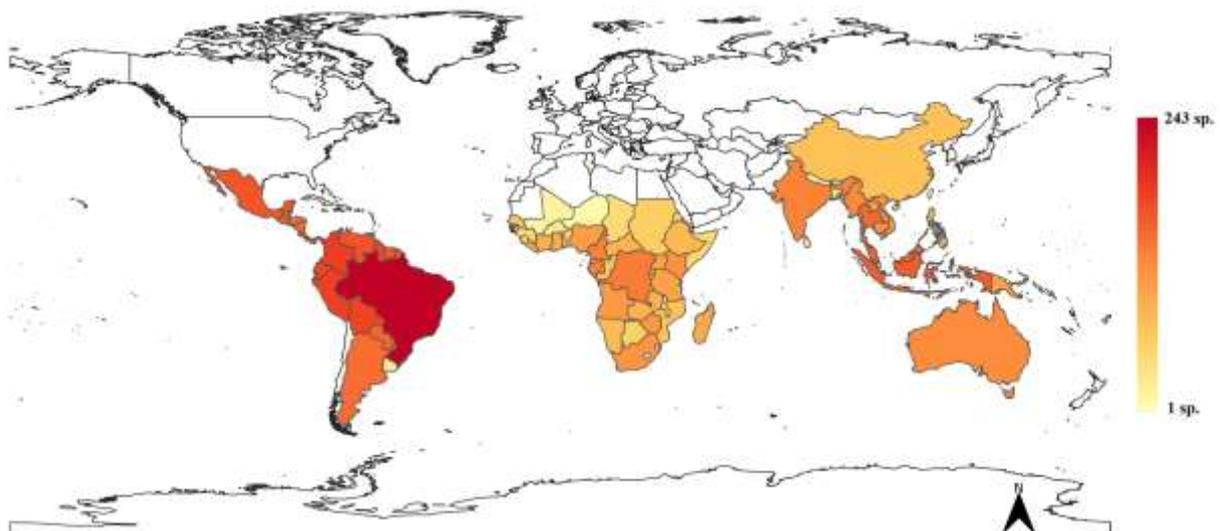


Figura 2 – Riqueza do número de espécies de meliponíneos nos países de ocorrência natural do grupo.

É sabido que as abelhas sem ferrão formam um grupo que teve a oportunidade de se

dispersar com a deriva dos continentes, sendo sua distribuição explicada pela suposição de que essas abelhas estavam em Gondwana antes de sua separação nos continentes atuais (ROUBIK, 1989). Vale ressaltar que as regiões tropicais da América do Sul e da África foram as últimas a se separarem, formando mares estreitos e, provavelmente, cheio de ilhas, o que permitia ainda fluxo de abelhas por algum tempo, até que se tornaram mais isolados (ROUBIK, 1989). A forma mais primitiva de meliponíneo já encontrada é restrita à África (WILLE, 1979). Segundo este autor, o grande contraste entre os meliponíneos africanos indica que esses indivíduos evoluíram primeiramente lá.

No Novo Mundo as abelhas sem ferrão podem ser encontradas desde as planícies do México, na América do Norte, até o noroeste da Argentina e Uruguai. Também ocorre na América Central, em grande parte das ilhas do Caribe e nos demais países da América do Sul (CAMARGO; PEDRO, 2013; ASCHER; PICKERING, 2020). No Brasil, os meliponíneos são encontrados em todo o seu território.

2.3 O bioma Caatinga - Fatores importantes na manutenção de colônias de abelhas “sem-ferrão”

2.3.1 *Riqueza e abundância de recursos tróficos*

O Brasil apresenta uma das maiores diversidades florísticas do mundo, com cerca de 10-20% do número total de espécies do planeta (SILVA; ARAUJO; OLIVEIRA, 2012), representada atualmente por 49.993 espécies (FLORA DO BRASIL, 2020). Dentre os seis biomas continentais brasileiros, a Caatinga, reconhecida como bioma exclusivamente brasileiro, ocupa 10,1% (862.818 Km²) de todo o território nacional (IBGE, 2019). Esse bioma é composto por uma paisagem muito diversificada, que vai desde áreas desérticas e de vegetação escassa, até aquelas onde a cobertura vegetal é formada por densa camada de vegetação arbórea, sendo a predominância da vegetação de Savana Estépica (IBGE, 2019). A

porção vegetal utilizada pelos meliponíneos é chamada de “Flora meliponícola” (Figura 3), e essa tem importante papel na manutenção das colônias de abelhas das áreas (ALEIXO et al., 2017; MAIA-SILVA et al., 2020).

No semiárido brasileiro, há um período relativamente longo de escassez de alimento para as abelhas (poucas plantas em floração) e a produção de mel, bem como de novas colônias, sofre sérias baixas. Neste sentido, para as abelhas, quanto menor a quantidade de alimento estocado, menor será o número de células provisionadas e de indivíduos produzidos nesse período (ROUBIK, 1982; MOO-VALLE et al., 2001; MAIA-SILVA et al., 2016). Além disso, a qualidade do alimento obtido também tem influência direta no desempenho da colônia (DI-PASQUALE et al., 2013). Em períodos de escassez as colônias podem diminuir ou, em alguns casos, até cessar totalmente a postura da rainha (ROUBIK, 1982). Isso ocorre quando o pólen armazenado não é o suficiente para permitir que as abelhas alcancem os títulos normais de proteína observados nas operárias que se desenvolvem bem em condições de abundância de recurso, havendo uma redução da atividade metabólica no organismo das abelhas (CRAILSHEIM, 1990). O baixo número de posturas leva a um menor número de indivíduos nas colônias, portanto, menor “força de trabalho”. Para o produtor, esse período é de grande preocupação, já que muitas vezes ocorre perda de colônias.

Na criação racional desses insetos, a correta utilização de manejos alimentares no plantel é fator decisivo no sucesso da manutenção das colônias. Fornecer alimentação artificial em períodos de escassez é determinante na produtividade, multiplicação e venda de colônias (CARVALHO-ZILSE et al., 2012; VILLAS-BÔAS, 2012; JAFFÉ et al., 2015). Portanto, a disponibilidade de alimento é considerada um fator essencial para o desenvolvimento e fortalecimento de colônias de abelhas sociais (KELLER et al., 2005).



Figura 3 – *Melipona subnitida* visitando flores de (A) *Waltheria indica*, (B) *Psidium guajava* e (C) *Serjania glabrata*.

2.3.2 Clima

O Bioma Caatinga ocupa a quarta posição em extensão no país, ocorrendo em maior parte na Região Nordeste, exceto no Maranhão (IBGE, 2019). O clima característico dessa região é o semiárido, caracterizado por precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca maior que 60% (PEREIRA, 2007). Grandes períodos secos são característicos dessa região e são definidos como aqueles anos em que a precipitação pluviométrica é menor do que 30% da média (BULLOCK et al., 1995). Mesmo em anos em que a precipitação pluviométrica fica entre 50-70% da média, as chuvas são tão irregulares que não fornecem umidade suficiente para o desenvolvimento de diversas espécies de planta (BULLOCK et al., 1995).

A diferença no volume de chuvas influencia diretamente as plantas em floração nas áreas, já que a sazonalidade climática e a heterogeneidade dos habitats levam a diferenças no ritmo biológico das plantas bem como na dinâmica das populações da caatinga (ARAUJO 2007). Essa influência vai desde o estrato herbáceo até o estrato arbóreo (LIMA; RODAL, 2010; GRIZ; MACHADO 2001). Portanto, as variações nas condições dos microhabitats associadas às variações interanuais nos totais pluviométricos podem afetar o período de floração das

plantas, afetando também o comportamento dos animais que as utilizam como fonte de recurso trófico (LIMA et al., 2007).

A variação sazonal das variáveis ambientais, como precipitação pluviométrica, temperatura do ar e radiação solar afetam o fluxo sazonal de energia, o que influencia na dinâmica da vegetação local (YEPEZ; WILLIAMS 2009; MAJOZI et al. 2017). Em relação aos insetos, a precipitação pluviométrica e umidade relativa são os melhores preditores da abundância e atividade, dentre os parâmetros climáticos (VASCONCELLOS et al., 2010). Assim, a maioria das ordens de insetos mostra maior abundância na estação chuvosa (VASCONCELLOS et al., 2010).

A temperatura na Caatinga é outro fator climático crucial, geralmente variando de 20° C até próximo de 40° C (BORGES et al., 2020; MARQUES et al., 2020). Projeções avaliam que até o final do século XXI haja um aumento da temperatura do ar entre 1,3° C (melhor cenário, com mitigação rigorosa da emissão e concentração dos gases do efeito estufa) a 4,4°C (pior cenário, com altas emissões de gases do efeito estufa) nesse bioma (TORRES et al., 2017).

Mudanças na temperatura ambiente são preocupantes no que diz respeito aos meliponíneos, já que a temperatura afeta significativamente o comportamento dessas abelhas (VOLLET-NETO et al., 2015), inclusive na relação planta-polinizador (NORGATE et al., 2010). Para atividades de forrageio é necessário que a temperatura ambiente esteja num limite suportável pela abelha, para que esta possa se aquecer e manter a temperatura corporal durante o voo (CONTRERA; NIEH, 2007). Atividades de voo são evitadas quando a temperatura ambiente está alta, já que nesses casos há o perigo de superaquecimento corporal (JAAPAR et al., 2018; SOUZA-JUNIOR et al., 2020). Além disso, quando expostas a altas temperaturas, mesmo as abelhas que conseguem forragear tem seu comportamento afetado, passando menos tempo na coleta de pólen (MAIA-SILVA et al., 2021). O tamanho e a cor das abelhas também tem papel importante na relação comportamento-temperatura, visto que,

abelhas menores atingem excesso de temperatura antes das abelhas maiores e das abelhas escuras, pois são aquecidas mais rapidamente (PEREBOOM; BIESMEIJER 2003). Para aumentar o limite térmico em circunstâncias de estresse provocado pelo calor, é importante que as abelhas tenham acesso a alimentos líquidos e que o tempo de exposição seja o menor possível (MAIA-SILVA et al., 2021).

Devido às condições climáticas extremas, o número de espécies que ocorrem nos estados que compõe a área da Caatinga é baixo, sendo conhecido um total de 383 espécies (ABELHA, 2021). Dentre elas a tribo Meliponini ganha destaque, representando 17,5% das espécies de ocorrência natural (ABELHA, 2021). *Melipona subnitida* Ducke, 1910 (Jandaíra) é a mais criada delas (JAFFÉ et al., 2015; FELIX, 2015), sendo uma espécie reconhecida como de sertão e áreas mais áridas (IMPERATRIZ-FONSECA; KOEDAM; HRNCIR, 2017).

Mesmo para *M. subnitida*, que é tão adaptada às condições áridas da Caatinga, as perspectivas não são boas. Com a tendência de mudanças climáticas, em um futuro breve haverá cada vez menos áreas adequadas para a ocorrência dessa espécie (GIANNINI et al., 2017). Isso porque as mudanças nos parâmetros climáticos irão gerar desconexão entre as áreas de ocorrência natural de abelhas como a Jandaíra, o que ameaça a dispersão da espécie e o fluxo gênico (GIANNINI et al., 2017). Nessas circunstâncias, remanescentes de vegetação natural servirão como refúgio climático para diversas espécies (OLIVEIRA et al., 2012).

Para as plantas, habitat com alta probabilidade de ocorrência de espécies endêmicas serão cada vez menores, sendo as reduções mais severas nas espécies de plantas com tratos reprodutivos especializados, como aquelas de polinização cruzada obrigatória (SILVA et al., 2019). Assim haverá uma diminuição drástica de áreas adequadas, tanto para espécies arbóreas, quanto não arbóreas (SILVA et al., 2019).

2.3.3 *Ações antrópicas*

Inúmeros estudos relatam a diminuição dos polinizadores em diferentes regiões do planeta, o que compromete as paisagens naturais, bem como a produtividade de áreas cultivadas (BIESMEIJER et al., 2006; VANBERGEN, 2013; GARIBALDI et al., 2013). Segundo FREITAS et al. (2009) e OLIVEIRA; VENTURIERI; CONTRERA (2013), as principais ações humanas degradadoras das populações de meliponíneos são: desmatamento, que leva à destruição de ninhos naturais; atividade de meleiros, quando há danificação da estrutura do ninho, deixando-o exposto a inimigos; queimadas; e uso exacerbado de agrotóxicos por causa da intensificação da agricultura, que podem afetar tanto as abelhas em ninhos naturais, quanto as criadas racionalmente.

Esse processo de antropização geralmente leva ao aumento da temperatura média da área, fazendo com que espécies de animais e vegetais fiquem cada vez mais próximos de seus limites térmicos. Dessa forma, quando acontecem outros eventos, como períodos de seca severa, o clima acaba por ultrapassar os limites de tolerância das espécies (SENIOR et al., 2017). Já existem comprovações que para populações de formigas a aridez intensifica os efeitos negativos dos distúrbios antrópicos (ARNAN et al., 2018). Além disso, a homogeneização biótica pode levar a perda de interações ecológicas e funções ecossistêmicas (BUSTAMANTE; METZGER, 2019).

No que diz respeito à população vegetal, quanto maiores os índices de perturbação crônica (IPC), que tem como fatores uma maior proximidade de centros urbanos, casas e estradas, maior densidade de pessoas e animais de criação, mais intensificado é o empobrecimento filogenético da flora lenhosa da Caatinga, levando a uma menor capacidade de o ambiente se adaptar às rápidas mudanças climáticas da região (baixa resiliência ecológica) (RIBEIRO et al., 2016). Um processo comum em áreas com alto IPC é a substituição da vegetação nativa por pastagens ou culturas agrícolas, o que leva a modificações na emissividade da superfície e na transferência de energia para atmosfera (SILVA et al., 2009). Portanto, visto o declínio na biodiversidade dos habitat naturais das abelhas nativas e dos efeitos nocivos do aumento da interferência humana nos ambientes naturais (SAMEJIMA et al., 2004; LEAL et al., 2003), nos últimos anos o manejo de abelhas sem ferrão tem ganhado nova importância devido às características de conservação de espécies, tanto de abelhas quanto de plantas (SAMEJIMA et al., 2004; FREITAS et al., 2009).

Para áreas degradadas em processo de recuperação, torna-se importante a reintrodução das espécies de abelhas antes presentes ali, como no caso da Jandaíra na recuperação de áreas de Caatinga. Isso ajuda no equilíbrio do ecossistema tanto do ponto de vista da fauna quanto da flora, aproximando-se ao máximo de sua recuperação. Isso porque as espécies de abelhas ajudam a otimizar o processo de reprodução da maioria das plantas por meio da polinização, com consequente maior formação de frutos e sementes. Desta forma, um ecossistema é considerado recuperado e restaurado quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais (SER, 2004).

Conhecer profundamente a riqueza, diversidade e dinâmica de população de abelhas, criar políticas públicas, fazer aplicação comercial dos produtos e serviços dos meliponíneos, bem como preservar o habitat natural destes, são ações que evitam a atividade degradadora, ajudando a conservar a fauna de abelhas nativas (FREITAS et al., 2009). Além disso, lançar

mão de estratégias agroecossistemicamente amigáveis à biodiversidade e ecoturismo em áreas-chave auxiliam na conservação de espécies, amenizando os efeitos da ação do homem (GIANNINI et al., 2017).

O enriquecimento das áreas com espécies de plantas nativas utilizadas pelas abelhas, tanto para forrageamento quanto para nidificação e também reconexão das áreas de ocorrência dessas abelhas por meios de programas de conservação e restauração baseados na distribuição das plantas utilizadas por elas também podem servir como estratégia para mitigação das ações antrópicas negativas (GIANNINI et al., 2017). A criação de meliponíneos também pode ser utilizada como ferramenta para mitigar os efeitos da antropização, além de atender as necessidades econômicas e sociais dos produtores.

2.4 A criação racional de meliponíneos – Meliponicultura

Meliponicultura é o termo utilizado para a criação racional de abelhas da tribo Meliponini, que são popularmente chamadas de abelhas “sem-ferrão” ou meliponíneos (NOGUEIRA-NETO, 1953). Ela pode ser dividida em diferentes categorias: 1) meliponicultura tradicional (criação em pequena escala caracterizada por estar inserida no contexto da agricultura familiar como complementação de renda e/ou consumo próprio dos produtos), 2) meliponicultura urbana/hobbista/pet (criação em pequena escala, sem objetivos produtivos ou de complementação de renda, apenas como hobby e para consumo próprio dos produtos) e 3) meliponicultura profissional (criação em larga escala, com objetivos produtivos - colônias, mel, pólen, cera, própolis e/ou serviços de polinização). Critérios emocionais e estéticos influenciam fortemente a escolha da atividade e das espécies utilizadas, o que ajuda a concentrar apoio na conservação destas (STOKES, 2007; CARVALHO et al., 2018).

Essa é uma atividade em expansão (HALCROFT et al., 2013; JAFFÉ et al., 2015; MUSTAFA et al., 2018; QUEZADA-EUÁN, 2018b) sendo que, o principal produto obtido da criação ainda o mel, embora outros produtos tenham potencial para uso e sejam

comercializados em menor escala, tais como o pólen, o cerume, a própolis e novos ninhos oriundos de multiplicações (QUEZADA-EUÁN et al., 2001; JAFFÉ et al., 2015; MAIA et al., 2015; MUSTAFA et al., 2018). Além de seus produtos, surge um crescente interesse pelo uso dos meliponíneos em polinização agrícola (HEARD, 1999; CRUZ et al., 2005; SLAA et al., 2006; BOMFIM et al., 2014; HEARD, 2016; MELÉNDEZ-RAMÍREZ et al., 2018) e educação ambiental (FERREIRA et al., 2013; MAGINNITY, S. 2013; TAVARES et al., 2016; MARQUES et al., 2017).

2.4.1 Meliponicultura no mundo

A criação de abelhas sem ferrão é antiga e está distribuída em quase todo o mundo, destacando-se regiões das Américas, da África, da Ásia e da Austrália (QUEZADA-EUÁN et al., 2018). No entanto, de um modo geral, ainda é praticada de maneira tradicional e na maioria dos casos os criadores visam apenas produção de mel (CRANE, 1992; HEARD; DOLLIN, 2000; CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006; KUMAR et al., 2012).

Nas Américas foi inicialmente praticada pelos povos Maias, na península de Yucatan no México, os quais acreditavam que as abelhas sem ferrão eram divindades (CAPPAS-E-SOUSA, 1995). Após rápida perda de conhecimentos e práticas indígenas, levando a meliponicultura ao esquecimento, nas últimas décadas voltou a crescer o interesse pela criação e conservação dos meliponíneos daquela região (QUEZADA-EUÁN, 2018).

Na Índia, apenas algumas tribos criam abelhas do gênero *Trigona*, em troncos de madeira, de forma muito tradicional com o intuito de utilizar o mel para fins medicinais (KUMAR et al., 2012). No entanto, no sul e sudeste da Ásia, aos poucos a criação de abelhas sem ferrão, com finalidade de produção de mel e polinização, começa a ganhar espaço (CORTOPASSI-LAURINO et al., 2006). Já na Austrália, segundo HALCROFT (2013), há um crescente interesse na meliponicultura, incluindo para uso em polinização agrícola e hobby (HEARD, 2016).

Na Costa Rica, a meliponicultura também é uma atividade rústica, mas assim como em outras regiões da América, vem apresentando crescimento, principalmente pelo interesse das pessoas em criar abelhas por lazer (AGUILAR et al., 2013). Na Colômbia também cresce o interesse pela meliponicultura, entretanto, a maioria dos criadores tem poucas colônias (menos de 20 colônias por criatório), sendo mais da metade da espécie *Tetragonisca angustula*, apesar da grande diversidade de abelhas do país (NATES-PARRA;ROSSO-LONDOÑO, 2013).

2.4.2 Meliponicultura no Brasil

No Brasil, a criação de meliponíneos foi há muito tempo desenvolvida, sendo os relatos mais antigos dessa atividade oriundos dos índios Kayapós. Os índios usavam os produtos das abelhas como alimento, medicamento e em rituais religiosos (POSEY, 1983; CAMARGO; POSEY, 1990). Comunidades quilombolas também possuíam o hábito de criar abelhas nativas, classificando-as pelo formato do corpo, cor, nível de agressividade e características dos ninhos (CARVALHO, MARTINS, MOURÃO 2014). Alguns povos indígenas possuem essa cultura de forma tão marcante que classificam as abelhas até mesmo pelo cheiro e tipo de voo (LÉO-NETO, 2011).

Apesar da riqueza de meliponíneos no Brasil, apenas cerca de 20 espécies são criadas de forma racional (JAFFÉ et al., 2015). Dentre elas, o gênero *Melipona* ganha destaque, representando 64,7% das espécies criadas (JAFFÉ et al., 2015) (Gráfico 1).

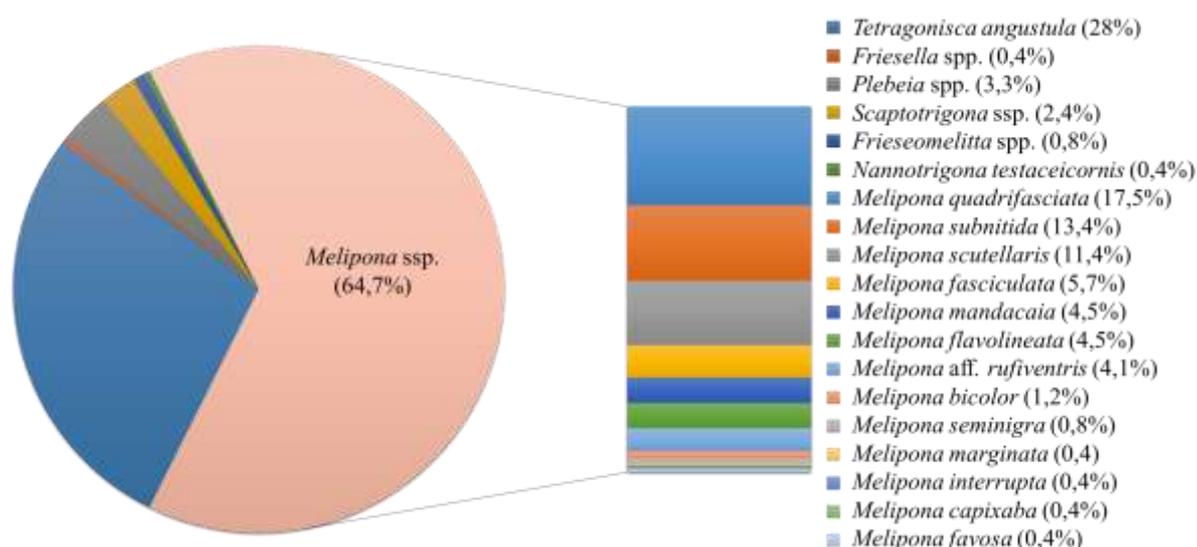


Gráfico 1 – Espécies de meliponíneos criados no Brasil. Elaborado a partir de dados do material suplementar de JAFFÉ et al., 2015.

Devido ao baixo custo de implantação, manejo simplificado, fácil replicabilidade, impacto ambiental positivo e boa viabilidade econômica (CAVALCANTE et al., 2009), a meliponicultura desperta interesse em pequenos produtores que a buscam como atividade produtiva complementar à renda principal. Deste modo, a meliponicultura pode chegar ao patamar de atividade capaz de garantir geração de renda às famílias produtoras com acesso do produto mel ao circuito formal do capital. Essa atividade respeita o modo de vida das famílias que a praticam, exigindo pouco tempo de dedicação, garantindo retorno financeiro e inclusão social. O estabelecimento de sistemas de criação de meliponíneos torna-se importante para fortalecer o sentimento de pertencimento do homem no campo, tornando-se elemento identitário das famílias meliponicultores (CAVALCANTE et al., 2009).

No Norte do Brasil, esta atividade vem ganhando espaço. Devido à preocupação com o desmatamento da floresta Amazônica e na busca por atividades que causem menos impacto ao ambiente, a meliponicultura tem sido incentivada, pois esta atividade vem se mostrando adequada aos conceitos de uso sustentável dos recursos naturais, gerando benefícios ao ambiente, sendo socialmente justa e economicamente viável (VENTURIERI, 2008;

MAGALHÃES; VENTURIERI, 2010). No Sudeste do país também tem crescido o interesse por essa atividade, com criadores de perfil majoritariamente iniciantes, alto nível de escolaridade e que tem como objetivo principal a conservação das espécies (BARBIÉRI, 2018). Entretanto, muito ainda precisa ser feito em relação à capacitação, adoção de técnicas de manejo, estímulo e regulamentação do comércio de colônias e produtos para contornar as barreiras e desenvolver a atividade.

2.4.3 Meliponicultura na região Nordeste do Brasil

No Nordeste do país a criação de abelhas sem ferrão tradicionalmente ocorre de forma pouco tecnificada. Em algumas comunidades, a criação de meliponíneos ainda é muito rústica, com uso de cortiços (CARVALHO; MARTINS. MOURÃO, 2014; MAIA et al., 2015; FELIX, 2015). As abelhas também são tidas em alguns grupos como seres sagrados, além de possuírem muitas construções simbólicas, representadas por crenças, ritos e mitos (CARVALHO; MARTINS, MOURÃO, 2014).

A criação dessas abelhas ocorre majoritariamente por homens e de forma tradicional, com poucas colônias por criatório (MAIA et al., 2015; FELIX, 2015). A maioria desses criadores são agricultores e que aprenderam sobre a criação de meliponíneos com outros criadores (FELIX, 2015). Tradicionalmente, as colônias ficam nos quintais ou beirais das casas (Figura 4) e o manejo alimentar não é realizado nem mesmo na época de escassez (FELIX, 2015).



Figura 4 – Colônias de *Melipona subnitida* acondicionadas no beiral de casa na comunidade Xavier, entorno da Reserva Natural Serra das Almas, Crateús, Ceará.

O número de espécies de meliponíneos que ocorre na região Nordeste, de bioma predominantemente de Caatinga, é baixo comparado a outros biomas, apenas 67 espécies (ABELHA, 2021). Destas, a *M. subnitida* é a mais utilizada nos criatórios (JAFFÉ et al., 2015; FELIX, 2015).

2.4.3.1 A Jandaíra – *Melipona subnitida*

Melipona subnitida (Figura 5), popularmente conhecida por Jandaíra, é uma das oito espécies mais criadas nas Américas (QUEZADA-EUÁN et al., 2018), principalmente por ser uma abelha muito bem adaptada ao clima semi-árido do Brasil (MAIA-SILVA et al., 2015). A abelha Jandaíra tem ocorrência comprovada nos estados de Alagoas, da Bahia, do Ceará, do Maranhão, da Paraíba, de Pernambuco, do Piauí, do Rio Grande do Norte e de Sergipe (CAMARGO; PEDRO, 2007), sendo a maior ocorrência registrada na parte norte da Caatinga (GIANNINI et al., 2017). Porém, com mudanças climáticas já afetando as condições da região Nordeste (SILVA, 2004) haverá cada vez menos áreas adequadas para a ocorrência dessa espécie (GIANNINI et al., 2017), sendo áreas remanescentes de vegetação natural, como a do

Planalto da Ibiapaba, refúgio climático provável (OLIVEIRA et al., 2012). As mudanças nos parâmetros climáticos irão gerar desconexões entre as áreas de ocorrência natural de abelhas como a Jandaíra, o que ameaça a dispersão da espécie e o fluxo gênico (GIANNINI et al., 2017; JAFFÉ et al., 2019). Estudos recentes mostram grupos genéticos diferentes ao longo da distribuição geográfica dessa espécie de abelha (CRUZ et al., 2006; SOUZA et al., 2018; JAFFÉ et al., 2019). Estes ainda não foram significativamente afetados pelo desmatamento, no que diz respeito à sua diversidade genética, entretanto, o fluxo gênico foi reduzido, desconectando boa parte das populações (JAFFÉ et al., 2019). O isolamento das populações pode levar a perda de diversidade ou até mesmo de toda uma população (Souza et al., 2018).

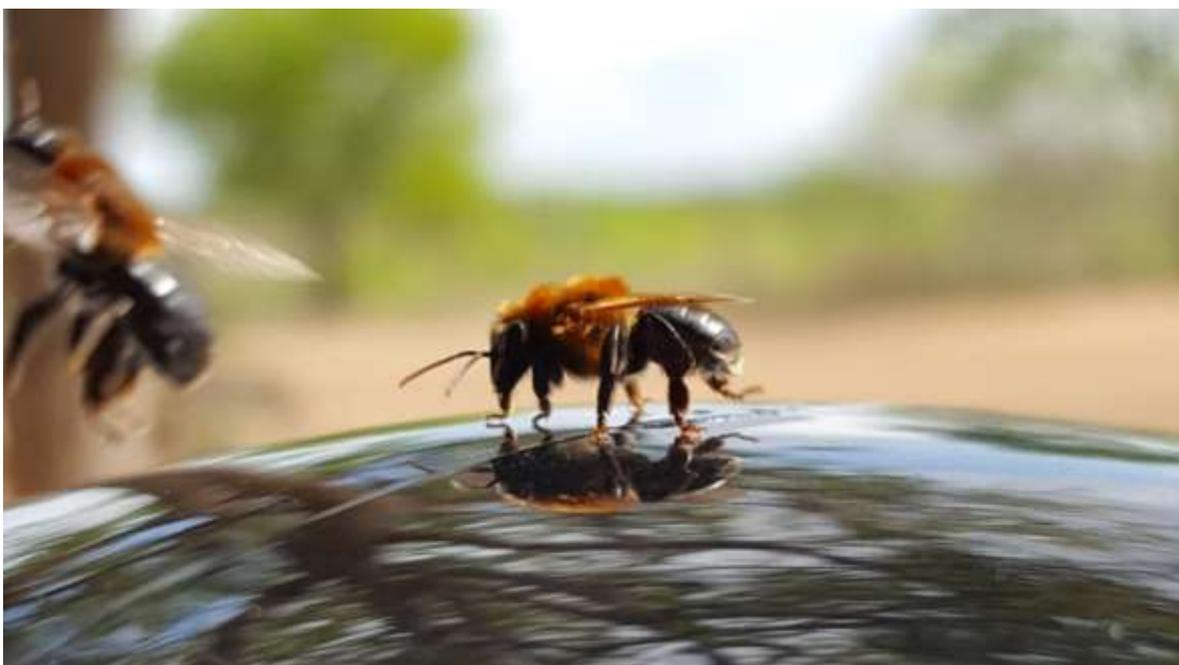


Figura 5 – Operária de *Melipona subnitida*, conhecida popularmente como Jandaíra.

A Jandaíra tem preferência por nidificação em algumas espécies vegetais, tais como a *Commiphora leptophloeos* e *Cenostigma pyramidalis* (MARTINS et al., 2004). Em relação às fontes de recursos tróficos, apesar de ser considerada generalista, essa abelha apresenta certa seletividade principalmente com preferência por plantas de florada massal, como *Pityrocarpa moniliformis*, *Mimosa arenosa*, *M. caesalpinifolia*, *M. tenuiflora* e *Anadenanthera colubrina*,

além de arbustivas como *Senna obtusifolia*, *Chamaecrista duckeana* e *C. calycioides* (MAIA-SILVA et al., 2018). O maior fluxo de coleta de pólen acontece entre as 5h30 e 7h da manhã, sendo a quadra chuvosa a de trabalho mais intenso (MAIA-SILVA et al., 2016). Além da disponibilidade de alimentos, esse maior fluxo é também influenciado pela temperatura ambiente (MAIA-SILVA et al., 2015). Na Caatinga as temperaturas variam bastante e podem facilmente atingir valores próximos de 40° C, a depender da época do ano e do horário do dia (BORGES et al., 2020; MARQUES et al., 2020). Já a tolerância térmica das operárias vai de 5° a 40° C e o intervalo de temperatura ideal na área de cria é entre 27°-33° C (FERREIRA, 2014), o que justifica tanto as estratégias de coleta de alimentos em horários com temperaturas mais amenas, quanto as estratégias de controle de temperatura do interior do ninho (MAIA-SILVA et al., 2015).

O mel dessa espécie tem cor variada, indo do branco ao âmbar (SANT'ANA, 2017), e produtividade entre 0 e 1,8 l por ano, com uma média de 0,43 l (KOFFLER et al., 2015), com teores de umidade variando entre 15,97% e 28,97%, pH de 3,14 a 4,11, acidez livre entre 17,17 a 65,67 meq Kg⁻¹, HMF de 0,37 a 18,78 mg Kg⁻¹, atividade diastásica de 0,03 a 0,82 Gothe, SST de 67,20 a 81,0 °Brix, açúcares redutores entre 63,71 a 78,8%, sacarose de 0,39 a 3,44%, compostos fenólicos totais de 115,59 a 498,01 mg Kg⁻¹ e flavonóides totais de 34,81 a 123,7 mg Kg⁻¹ (SANT'ANA, 2017).

O conhecimento dos parâmetros que afetam o desenvolvimento e a produtividade das colônias de abelhas sem ferrão, como a abundância de fontes de recursos tróficos, a riqueza de espécies da flora e o grau de antropização, é essencial para um ótimo planejamento da atividade produtiva. Neste caso fazem-se necessários estudos para esclarecer as relações entre as abelhas e o ambiente, a fim de promover a preservação das espécies de meliponíneos, planejar e impulsionar a atividade produtiva. Assim, buscamos avaliar a influência do clima,

da dieta e dos diferentes graus de antropização de áreas no desenvolvimento e produtividade da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*) criadas na Caatinga.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Crateús (5°10'42"S; 40°40'39"W), microrregião Sertão de Crateús, localizada na região oeste do estado do Ceará (Figura 6). A microrregião possui clima tropical quente semiárido (IPECE, 2018), precipitação pluviométrica média anual de 541,6 mm, as temperaturas médias máxima e mínima de 32,9 °C e 22,9 °C, respectivamente, e a umidade relativa média anual é de 66,2% (INMET, 2021). As áreas de pesquisa localizam-se dentro da Reserva Natural Serra das Almas (RNSA) (duas áreas) e em comunidades do entorno da reserva (3 áreas). A RNSA conta com 6.146 hectares que abrigam uma amostra representativa da biodiversidade da Caatinga, possuindo áreas com vegetação de Caatinga arbórea, Caatinga arbustiva, Mata seca e Carrasco. Já as comunidades do entorno da RNSA, tem vegetação de Caatinga arbustiva, em sua maioria, com uma das áreas tendo também resquícios de mata seca.

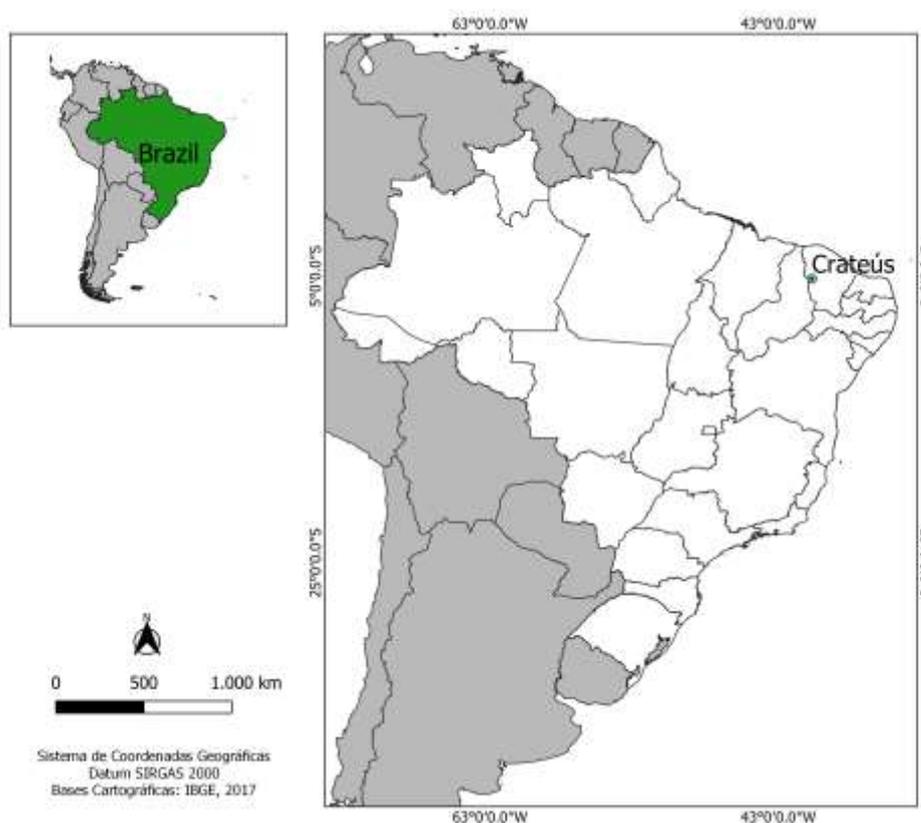


Figura 6 – Georeferenciamento do município de Crateús, Ceará.

As coletas de dados e amostras foram feitas mensalmente entre janeiro de 2017 e dezembro de 2018. Para acompanhar a variação nos parâmetros climáticos ao longo dos dois anos de estudo, os valores de precipitação pluviométrica, temperatura e umidade foram coletados a partir da plataforma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET/ Estação Crateús A342 (INMET, 2021). A fim de auxiliar na classificação das áreas de estudo e avaliar da influência dos parâmetros climáticos no desenvolvimento e na produtividade das colônias, a temperatura do interior de cada colmeia, além da temperatura e da umidade do criatório, foram coletadas a cada coleta de dados por meio de termo higrômetro digital (Figura 7). Cada meliponário foi identificado com suas coordenadas de latitude e longitude, bem como a altitude que se encontra acima do nível do mar. Dessa forma, as diferentes áreas foram distinguidas e caracterizadas (Tabela 1).



Figura 7 – Colônia de *Melipona subnitida* tendo dados de temperatura do interior da colmeia sendo coletados por meio de termohigrômetro digital.

Cinco diferentes áreas no bioma Caatinga foram avaliadas (Figura 8). Estas apresentaram perfis de antropização e distâncias diferentes entre si (Figura 9), bem como os parâmetros climáticos, então, classificamo-las de acordo com os seguintes graus de antropização (Tabela 1): preservado (área preservada, não antropizada); baixo (área de vegetação nativa com baixa pressão agropecuária), moderado (área de vegetação nativa com média pressão agropecuária) e alto (área com intensa pressão agropecuária). As duas áreas classificadas com grau de antropização “preservado” diferiram em altitude, já que uma delas fica na parte superior do planalto da Ibiapaba e a outra no sertão de Crateús. Essas duas áreas tem ocorrência natural da abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*), entretanto quisemos avaliar se o desenvolvimento das colônias diferia devido às características climáticas e de flora.

Tabela 1 – Classificação das áreas da Reserva Natural Serra das Almas e comunidades do entorno de acordo com o grau de antropização e parâmetros climáticos. n: número de colônias; Alt: Altitude; T: Temperatura; Umid: Umidade relativa do ar.

Área	Local	n	Coordenadas geográficas	Grau de antropização	Alt (m)	T (°C)	Umid (%)
1	Centro Ecológico da Reserva Natural Serra das Almas	20	05°08'1468"S 040°52'0060"W	Preservado	311	33,15±0,16 b	43±0,90 b
2	Xavier e Tapuio	20	05°11'3756"S 040°49'4850"W	Baixo	306	32,94±0,16 b	48±0,82 a
3	Realejo	15	05°16'4280"S 040°48'4402"W	Alto	339	34,20±0,13 a	41±0,88 b
4	Santana	20	05°23'0345"S 040°50'5086"W	Moderado	377	31,30±0,17 c	51±0,86 a
5	Sede da Reserva Natural Serra das Almas	10	05°08'2973"S 040°54'5738"W	Preservado	626	30,18±0,28 c	52±1,18 a



Figura 8 – Georeferenciamento da área de estudo dentro da distribuição do bioma Caatinga

(A) e das áreas de estudo (B), com detalhamento das áreas em relação ao grau de antropização (C).

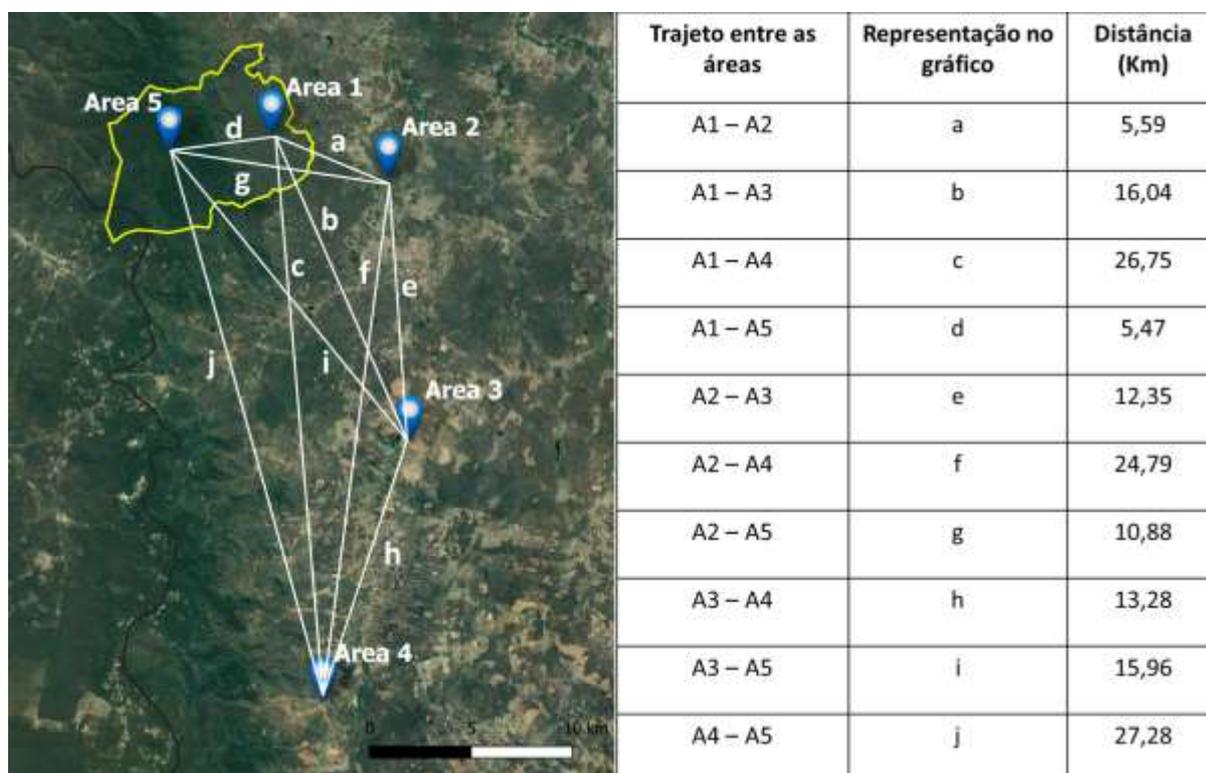


Figura 9 – Áreas de estudo na Reserva Natural Serra das Almas e comunidades do entorno (Crateús, Ceará) e a distância entre elas.

A temperatura e umidade média diferiram entre as áreas, sendo a área com maior grau de antropização a mais quente. Nessa área também foi onde ocorreram as menores médias de umidade relativa do ar. As áreas 1 e 2 tiveram temperaturas semelhantes. Entretanto a umidade foi superior na área 2, provavelmente devido ao uso de irrigação nos quintais e uso de água para atividades cotidianas pelas famílias. A área 4 foi semelhante a área 5, pois apesar da forte atividade agropecuária, é próxima a áreas de mata nativa do planalto da Ibiapaba (Tabela 1).

3.2 Espécie de abelha utilizada

A espécie de abelha sem ferrão mais criada no local da pesquisa é a *Melipona*

subnitida. Portanto, essa foi a espécie de abelha escolhida para servir como objeto de estudo. Toda a área estudada apresenta ocorrência natural dessa espécie de meliponíneo. Porém, devido a ações antrópicas, como atividade de meleiros, desmatamentos e queimadas, a ocorrência dessa abelha ficou cada vez mais rara.

A fim de resgatar a cultura de criação de abelhas nativas, melhorar a renda e segurança alimentar das famílias das comunidades do entorno da Reserva Natural Serra das Almas e promover o uso de atividades sustentáveis no campo, a Associação Caatinga reintroduziu na área colônias de Jandaíra trazidas do Estado do Rio Grande do Norte. Essas colônias foram multiplicadas e distribuídas a diversas famílias que participaram de um processo básico de formação para aprender a manejá-las adequadamente.

As colônias de Jandaíra foram alocadas em colmeias tipo Nordestina, com 50 cm de comprimento, 15 cm de largura e 15 cm de altura, e manejadas quinzenalmente pelos criadores (manejo de rotina – um manejo acompanhado pela equipe do projeto e um independente). Elas também foram alimentadas uma vez por mês durante o período de escassez, para que pudessem se manter durante a época mais crítica do ano.

3.3 Desenvolvimento das colônias

Para avaliarmos o desenvolvimento das colônias de *M. subnitida*, ao longo de todo o período de estudo nas cinco diferentes áreas, coletamos informações sobre a população de cada uma das colônias, bem como, do alimento estocado por elas. Para isso, foram feitas revisões mensais em cada uma das 85 colônias, com contagem da quantidade de discos de cria, do número de potes de pólen e de mel, a ocorrência de pólen novo (do período entre a coleta anterior e a atual, identificados através de análise visual e comparação com as fotografias do mês anterior), o procedimento ou não da multiplicação da colônia e, também, se havia algum sinal de ataque de inimigos ou doenças, assim como, qualquer outra excepcionalidade. Após essa coleta de dados, fotografias da área de cria e outras partes da

colônia foram feitas com fins de conferência dos dados (Figura 10). Além disso, dados de temperatura interna das colmeias, temperatura e umidade do meliponário foram coletados por meio de termohigrômetro digital a cada revisão para verificarmos a influência desses parâmetros climáticos no desempenho das colônias.



Figura 10 – Interior de uma colmeia de *Melipona subnitida* criada na Caatinga.

3.4 Avaliação quantitativa e qualitativa do pólen

Amostras de pólen foram coletadas mensalmente das colônias acompanhadas nas cinco áreas de estudo. Apenas os potes classificados como novos (potes que foram provisionados entre o mês anterior e a data da coleta, identificados através de análise visual e comparação com as fotografias do mês anterior) foram utilizados, a fim de acompanharmos a variação mensal do fluxo de pólen por área.

As coletas das amostras foram realizadas através da inserção de um canudo plástico de 6 mm de diâmetro no centro de cada pote novo de pólen (Figura 11). Dessa forma foi possível coletar o pólen das diferentes camadas de provisionamento e estimar o peso total do pote. Em teste prévio, o canudo mostrou coletar cerca de 10% do volume do pote, sendo este

valor utilizado para estimar o peso total de pólen novo das colônias. Esse material era então armazenado em tubo cônico tipo Falcon e refrigerado até o momento da análise.

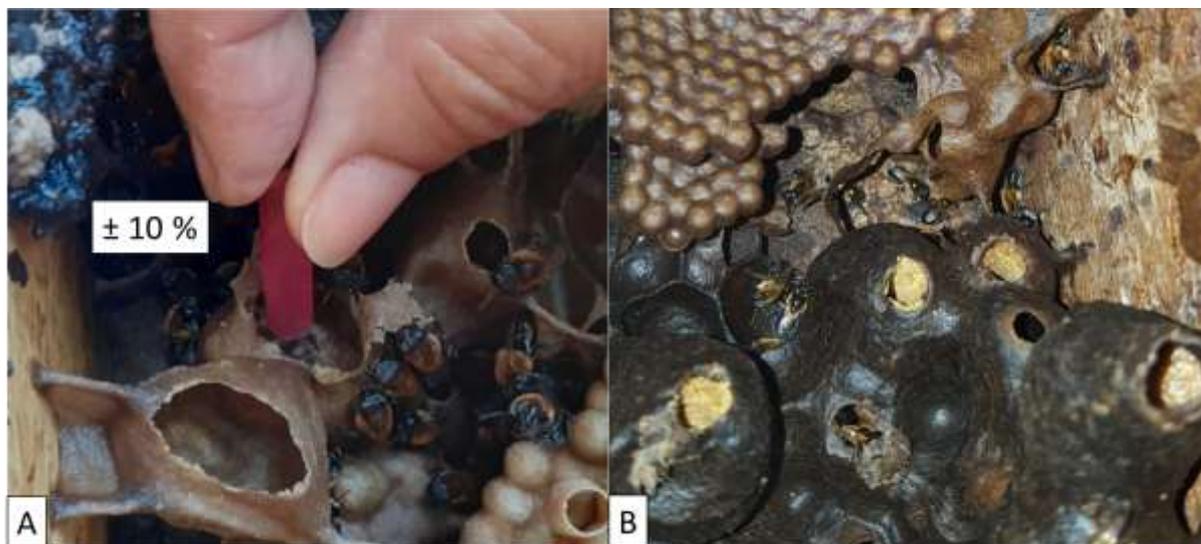


Figura 11 – Coleta de pólen armazenado em colônias de *Melipona subnitida*. A: Pólen sendo coletado por meio de inserção de canudo plástico no centro do pote; B: Potes de pólen após a coleta de amostra de pólen.

Em laboratório, o pólen de cada colônia foi pesado isoladamente sendo, em seguida, retiradas as amostras para análise palinológica e o que restava constituía um agrupamento por área para que fossem realizadas as análises bromatológicas. Para cada área foram gerados mensalmente agrupamentos de amostras que foram avaliadas para verificar os teores de: matéria seca, por meio de secagem em estufa de circulação de ar forçada, regulada a 70 ° C (MS; AOAC, 1990 – método número 930,15); matéria mineral, por meio de incineração em mufla à 600° C por quatro horas (MM; AOAC, 1990 – método número 92405); e proteína bruta, através da quantificação da matéria nitrogenada pelo método Kjeldahl (PB; AOAC, 1990 – método número 984,13) (Figura 12).

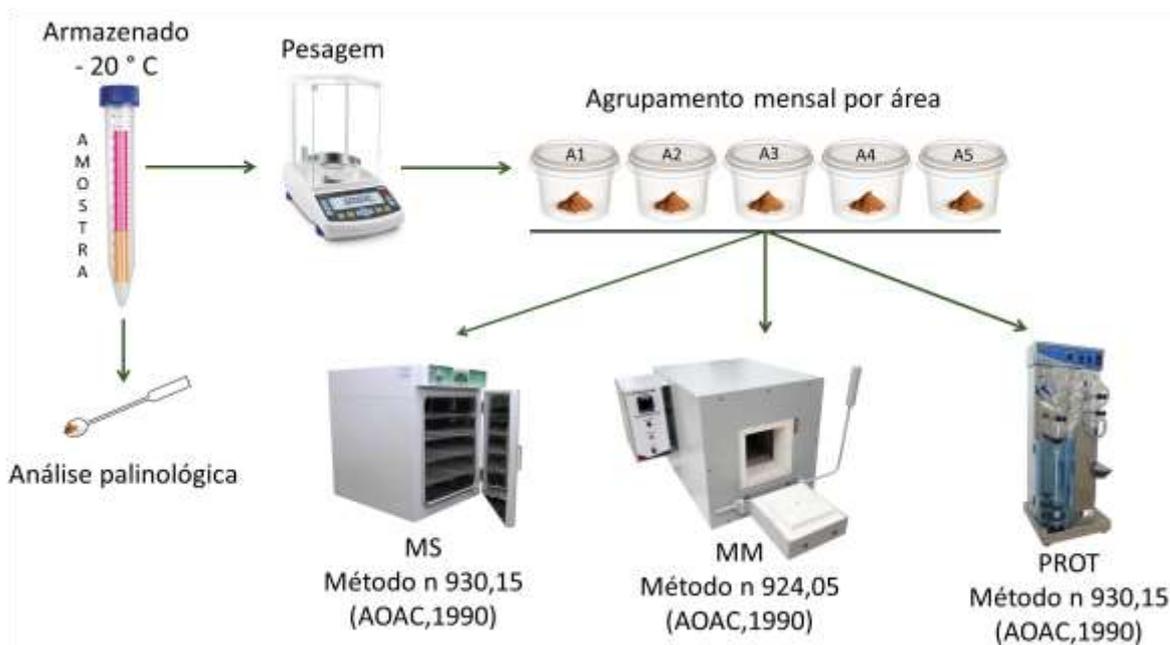


Figura 12 – Fluxograma de análises com as amostras de pólen de *Melipona subnitida* criadas na Caatinga.

3.5 Análise palinológica do pólen da dieta de *M. subnitida*

As amostras de pólen de cada colônia foram diluídas em álcool 70% separadamente em tubos falcon® de 15mL e deixadas assim por, no mínimo, 72h. Após esse período, as amostras foram centrifugadas, o sobrenadante foi descartado e foi adicionado 4 ml de ácido acético. Dessa forma, as amostras ficaram por 24 h, até que se desse o procedimento de acetólise, proposto por ERDTMAN, 1960. Nesse momento, as amostras foram mais uma vez centrifugadas e o ácido acético descartado para que fosse adicionada a solução de acetólise (nove partes de anidrido acético por uma parte de ácido sulfúrico) (ERDTMAN, 1960). Após acetólise, o material foi mantido em glicerina a 50% e, posteriormente, foram montadas três lâminas para cada amostra, como uso de gelatina Kissner e esmalte transparente para selagem da lamínula. Esse procedimento foi realizado para leitura rápida das lâminas.

Três colônias foram sorteadas por área a cada mês para o procedimento da análise das espécies que compunham a dieta. A identificação dos tipos polínicos encontrados no pólen

de *Melipona subnitida* foi realizada por meio de comparação com os grãos de pólen das amostras com lâminas do laminário de referência feito a partir de espécies encontradas em floração na área de estudo e do laminário de referência da Palinoteca do Laboratório de Abelhas da Universidade Federal do Ceará, bem como, através da literatura especializada, com ênfase na plataforma de dados da Rede de Catálogos Polínicos online (RCPol 2020).

Os tipos polínicos encontrados nas amostras foram contados (os primeiros 400 grãos de pólen encontrados em cada lâmina) e, em seguida, foram determinadas as porcentagens e classes de ocorrência de acordo com a classificação proposta por BARTH (1970) e LOUVEAUX et al. (1970, 1978) pelo total de grãos presentes na lâmina: pólen dominante (>45%), pólen acessório (de 15 a 45%), pólen isolado importante (de 3 a 15%) e pólen isolado ocasional (<3%). O volume dos grãos de pólen foi calculado através das medidas características das espécies disponíveis na literatura (Tabela 2) com o procedimento e fórmulas indicadas em SILVEIRA (1991). A partir daí, foi calculado o volume total de cada tipo polínico, levando em consideração o número de grãos na amostra e o volume individual de cada tipo.

Tabela 2 - Medidas dos tipos polínicos (DE e DP) para cálculo de volume dos grãos (Vol), segundo Silveira (1991). DE: distância equatorial; DP: distância polar; Vol: volume de um grão de pólen.

<i>Espécie</i>	<i>DE</i> (μm)	<i>DP</i> (μm)	<i>Vol</i> (μm^3)	<i>Referência</i>
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	15,21	-	1853,3333	Silva et al., 2020
<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	28,52	27,71	11786,5260	Silva et al., 2014
<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H. E. Moore	30,55	29,95	14635,8476	RCPol, 2020
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	98,8	-	504974,5096	Silva, 2007
<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	29,11	-	12902,6106	Silva et al., 2020
<i>Chamaecrista duckeana</i> (P.Bezerra & Afr.Fern.)	31,63	19,45	10188,6492	Silva et al., 2020

<i>H.S.Irwin & Barneby Chamaecrista pilosa</i> (L.) Greene	28,3	221	9267,5250	Buril; Alves; Santos, 2011
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	27,6	20,7	8256,3317	Ybert; Carvalho; Scheel- Ybert, 2018
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	57,50	47,21	81727,5184	Silva et al., 2014
<i>Mimosa caesalpinifolia</i> Benth.	16,6	12,9	1446,3924	Silva et al., 2020
<i>Mimosa candollei</i> R. Grether	30,6	36,2	17748,0256	Lima; Silva, Santos, 2008
<i>Mimosa invisiva</i> Mart. ex Colla var. <i>invisiva</i>	17,8	19,7	3268,1716	Lima; Silva, Santos, 2008
<i>Mimosa misera</i> Benth	20,1	25,9	5478,8638	Lima; Silva, Santos, 2008
<i>Mimosa niomarlei</i> Afr. Fern.	9,60	-	463,2467	RCPol, 2020
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	16,3	22,7	3074,4406	Lima; Silva, Santos, 2008
<i>Piptadenia retusa</i> P.G.Ribeiro Seigler & Ebinger	22,68	-	6108,4043	RCPol, 2020
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	68	-	164636,2102	Ramakrishna, 2014
<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	24,41	-	7615,5620	Silva et al., 2020
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	45,49	-	49288,5943	Silva et al., 2020
<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	51	24	32685,1300	Ramakrishna, 2014
<i>Senna cearensis</i> Afr. Fern.	56	42,85	70359,9468	Silva et al., 2020
<i>Senna lechriospera</i> H.S.Irwin & Barneby	-	-	-	-
<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	35	31	19883,6635	Fernandez-Pacella, 2013
<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	53,36	44,46	66282,6285	Silva et al., 2020
<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby	56	42,85	70359,9468	Silva et al., 2020
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	47	38	43951,9284	Ramakrishna, 2014
<i>Eucalyptus moluccana</i> Roxb.	29,54	17,49	7635,3515	Silva et al., 2014
<i>Psidium guajava</i> L.	15,43	13,23	1574,9316	Rukhshinda; Perveen, 2006
<i>Passiflora foetida</i> L.	64	69	147981,5804	García; Galati; Anton, 2002

<i>Scoparia dulcis</i> L.	11	12	760,2654	Martin, 2000
<i>Sarcophalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild	17,1	21,7	4026,1095	Silva et al., 2020
<i>Solanum americanum</i> Mill.	27,51	25,41	10068,9566	Silva et al., 2020
<i>Solanum paniculatum</i> L.	37,73	34,26	25536,3952	Silva et al., 2014
<i>Turnera subulata</i> Sm.	78,81	73,41	238735,2240	Silva et al., 2020

3.6 Análises dos dados

Além de estatística descritiva foram realizados testes estatísticos com a utilização do software R. Para avaliarmos a variação no número de disco, número de potes de pólen, potes de mel, temperatura da colônia, temperatura e umidade do meliponário entre as áreas, bem como, entre os meses, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de significância, seguido do teste de Dunn ajustado para o método Bonferroni. Uma correlação de Spearman foi realizada para avaliarmos a relação entre os fatores climáticos (temperatura da colônia e temperatura e umidade do meliponário) e os parâmetros de desenvolvimento das colônias (número de discos, número de potes de pólen e de mel). Para avaliarmos a variação dos parâmetros bromatológicos (matéria seca, matéria mineral e proteína) nas áreas e entre os meses foi aplicado teste de Tukey a 5% de significância, seguido do teste de Dunn ajustado para o método Bonferroni. Uma correlação de Spearman foi realizada para estimarmos a relação entre fatores climáticos (precipitação pluviométrica, temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade) e os parâmetros bromatológicos do pólen de *M. subnitida*. Na avaliação da riqueza de espécies entre os anos, os meses e as áreas foi realizada transformação logarítmica nos dados, seguida de uma análise de variância com teste de Tukey a 5%. Os pacotes Vegan, Network e Bipartite foram utilizados para gerar a rede de interações entre as áreas com diferentes graus de antropização e os tipos polínicos encontrados na dieta, em

relação a frequência e volume dos tipos. Para avaliar a composição da dieta, a diversidade de plantas que a compuseram, a distribuição e contribuição das espécies de planta e a dominância das espécies na dieta, foram utilizados os índices de riqueza de espécies (S), de diversidade de Shannon-Wiener (H'), de equitatividade de Pielou (J') e de dominância de Berger-Parker, respectivamente.

A análise de componentes principais (PCA) e biplot foi utilizada para identificar a associação e prevalência de tipos polínicos nas diferentes áreas em relação à frequência e volume dos grãos. A análise de Cluster foi realizada para os dados de desenvolvimento de colônias, dos parâmetros bromatológicos e da frequência e do volume de tipos polínicos, por meio de algoritmos pareados, com o uso da medida de similaridade de Bray-Curtis através do Palaeontological Statistics Software (PAST) v. 1.34.

4 RESULTADOS

4.1 Desenvolvimento das colônias

As colônias de *M. subnitida* apresentaram, em média, quatro discos de cria. Em situações ótimas, com boa oferta de alimentos e rainha nova, houve colônias que chegaram a 11 discos (Tabela 3). Ao passarem pelo período de escassez, quando as colônias apresentaram os estoques mais baixos tanto de pólen quanto de mel (Gráfico 2), algumas colônias entraram em processo de estivação. Esse evento foi verificado em duas colônias (área 5) durante o mês de outubro do primeiro ano e em nove colônias no mesmo mês do segundo ano (oito na área 2 e uma na área 4), além de duas outras colônias (área 1) em novembro do segundo ano.

Tabela 3 - Aspectos gerais do desenvolvimento de 85 colônias de *Melipona subnitida* e parâmetros ambientais durante os anos de 2017 e 2018 em área de Caatinga.

Parâmetro	Valor mínimo	Valor máximo	Média±erro
Número de discos	0	11	4±0,04
Número de potes de pólen	0	39	6±0,13

Número de potes de mel	0	213	22±0,40
Umidade relativa	10	91	47±0,41
Temperatura do meliponário	21,3	44,8	32,6±0,08
Temperatura do interior da colônia	21,3	39,8	30,9±0,07
Diferença entre temperatura do meliponário e da colônia	0	13,3	1,9±0,04

Ataques de forídeos não ocorreram em áreas de reserva ambiental. Já nas comunidades onde o processo de antropização foi maior, a incidência de forídeos foi alta (1 colônia em maio de 2017 na área 3; 6 colônias em maio e 5 em junho na área 4), chegando a dizimar sete colônias em uma só área (n=20). Outro inimigo natural frequente foram as formigas. Durante todo o período experimental foram constatados 15 ataques de formigas às colônias de Jandaíra, sem ocasionar nenhuma perda de colônias. Além disso, houve 35 saques e brigas entre as próprias Jandaíras em 2017 e 14 em 2018.

Em ambos os anos, houve diferença entre as áreas para os parâmetros de desenvolvimento das colônias (Gráfico 2): número de discos (ND – $p < 0,0001$), número de potes de pólen (NPP – $p < 0,0001$) e número de potes de mel (NPM – $p < 0,0001$). Entretanto, essa variação foi diferente entre os anos.

No primeiro ano, o desempenho na produção de discos de cria foi semelhante entre as áreas com exceção da área 5, que teve desempenho inferior às demais. Já no segundo ano, as áreas 2 e 3 destacaram-se como colônias mais populosas, enquanto a área 1 foi a que teve o pior desempenho entre as áreas avaliadas (Gráfico 2).

O armazenamento de pólen (número de potes de pólen na colônia) também variou entre os anos e entre as áreas, sendo o acúmulo máximo e mínimo observados para pólen de 39 e zero potes, respectivamente. Já as reservas de mel tiveram acúmulo máximo e mínimo de 213 e zero potes, respectivamente (Tabela 2). No primeiro ano as áreas 1 e 3 tiveram um armazenamento de pólen significativamente superior às demais. Já no segundo ano, a área 3 foi a que teve maiores acúmulos de pólen, seguida da área 2 e 5, com a área 1 apresentando

menores acúmulos nesse período (Gráfico 2).

O mel teve maior acúmulo nas áreas 1, 3 e 5 ao longo do primeiro ano, padrão que seguiu durante o segundo ano. Entretanto, no segundo ano a área 4 diferenciou-se com o menor acúmulo de mel (Gráfico 2).

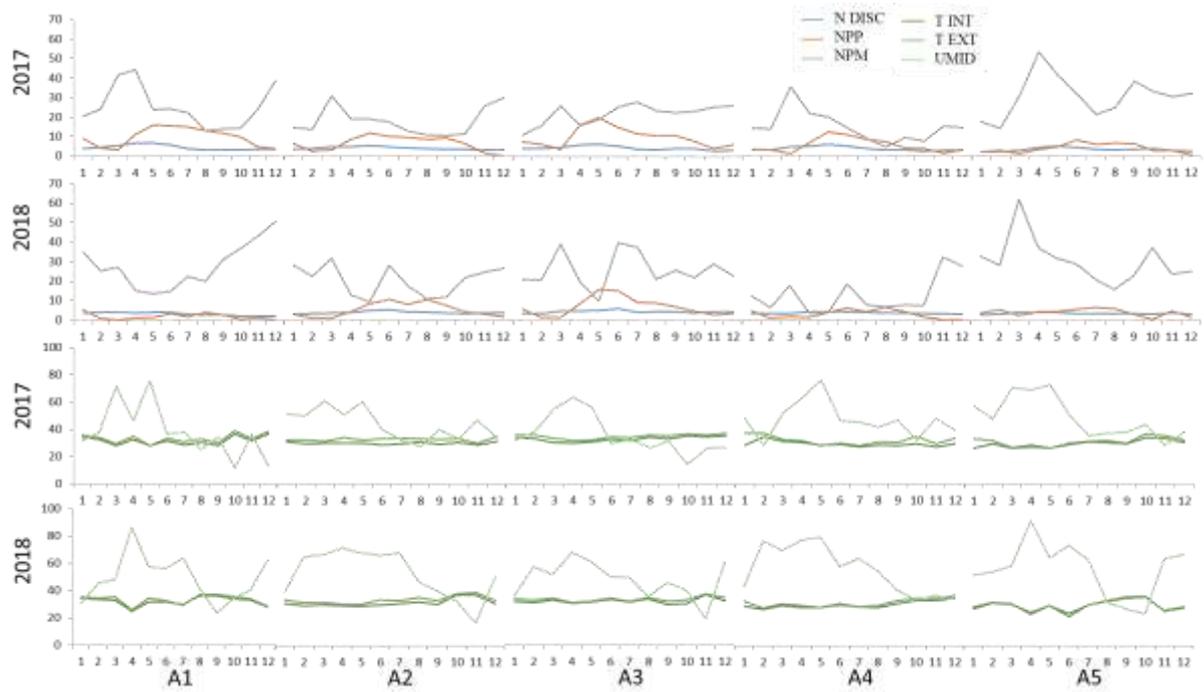


Gráfico 2 – Variação dos parâmetros de desenvolvimento de colônias de *Melipona subnitida* em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 - preservada; ND: número de discos de cria; NPP: número de potes de pólen; NPM: número de potes de mel.

Quando avaliada a análise de Cluster dos parâmetros de desenvolvimento das colônias, que teve correlação cofenética de 68,66%, verificamos a formação de um grupo mais próximo entre as áreas 3 e 1 e de um grupo menos próximo entre as áreas 2 e 4. A área 5 ficou mais distante das demais (Gráfico 3).

A temperatura média do interior das colônias foi de $30,9 \pm 3,2^{\circ} \text{C}$, variando de $21,3^{\circ} \text{C}$ até $39,8^{\circ} \text{C}$. Já a temperatura dos criatórios variou de $21,3^{\circ} \text{C}$ até $44,8^{\circ} \text{C}$, sendo em média $32,6^{\circ} \text{C}$.

$\pm 3,56$ °C. A umidade relativa nos criatórios, por sua vez, variou de 10% até 91%, sendo em média de 47 ± 18 % (Tabela 2).

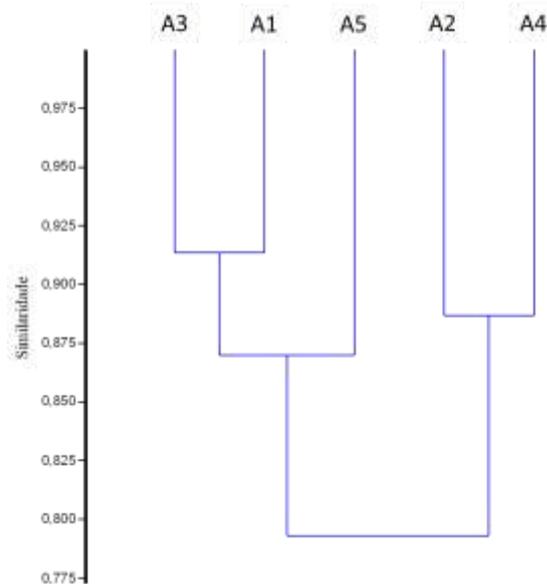


Gráfico 3 – Dendrograma das relações entre cinco áreas com diferentes graus de antropização e parâmetros de desenvolvimento (número de discos, potes de pólen e mel) de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga com coeficiente correlação cofenética de 68,66%. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 - preservada;

Os parâmetros climáticos observados apresentaram variação entre as áreas (Gráfico 2): temperatura da área de cria (TINT – $p < 0,0001$); temperatura do meliponário (TEXT – $p < 0,0001$); e umidade relativa do ar do meliponário (UMID – $p < 0,0001$).

A temperatura da área de cria nas colônias estudadas apresentou o mesmo padrão entre áreas nos dois anos, apresentando temperaturas mais elevadas as áreas 3 e 1 (Gráfico 2). Esses valores seguiram os padrões da temperatura externa, porém menores, na grande maioria das vezes. Em média, a temperatura da área de cria foi $1,9 \pm 0,03$ ° C inferior à temperatura do meliponário (Tabela 2). Verificamos casos extremos como, por exemplo, uma colônia que estava com área de cria 13 ° C acima da temperatura do criatório. Isso ocorreu devido à má

localização da colmeia na instalação, recebendo incidência direta dos raios solares ao longo de quase todo o dia.

A temperatura dos criatórios foi significativamente superior na área 3 durante o primeiro ano. No segundo ano, as áreas 1, 2 e 3 registraram as mais altas temperaturas. Já a umidade relativa em ambos os anos foi inferior nas áreas 1 e 3 (Gráfico 2).

Quando correlacionados os parâmetros de desenvolvimento das colônias com os climáticos, obtivemos uma relação positiva moderada entre o número de discos e o número de potes de pólen por colônia ($r=0,40$). Também registramos uma correlação positiva baixa entre o número de discos e de potes de mel ($r=0,20$). Houve correlação positiva baixa da umidade com o número de discos ($r=0,20$) e negativa muito baixa com o número de potes de pólen ($r=-0,05$). Já a temperatura do meliponário teve uma relação negativa e muito baixa com o número de discos ($r=-0,07$). O número de potes de mel teve correlação significativa baixa com a temperatura da colônia ($r=0,19$) e a temperatura do meliponário ($r=0,11$) (Gráfico 4).

Dos dados observados, as áreas 3 e 1 foram as que mais apresentaram temperaturas dos criatórios superiores à 36°C com maior frequência. Já a temperatura do interior da colônia foi maior do que 36°C com mais frequência na área 1. A área 4 foi a que apresentou menor frequência de temperatura acima de 36°C , tanto dos meliponários quanto do interior das colônias (Tabela 4).

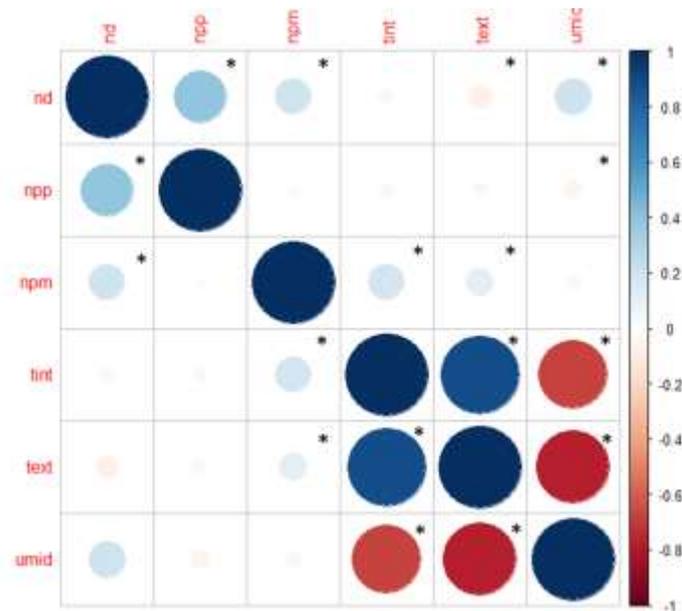


Gráfico 4 – Correlação de Spearman entre fatores climáticos e parâmetros de desenvolvimento de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga. ND: número de discos de cria; NPP: número de potes de pólen; NPM: número de potes de mel; TINT: temperatura interna da colônia; TEXT: temperatura externa – meliponário; UMID: umidade relativa do ar. *: Correlações significativas.

Tabela 4 – Frequência de observações de temperatura do interior da colônia (TINT) e temperatura do meliponário (TEXT) superiores a 36° C em áreas com diferentes graus de antropização. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 – alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada.

Área	Grau de antropização	TINT > 36° C (%)	n	TEXT > 36° C (%)	N
A1	Preservado	13,12	71	21,25	115
A2	Baixo	8,54	42	18,12	88
A3	Alto	6,94	27	21,39	82
A4	Moderado	0,21	1	6,67	39
A5	Preservado	4,58	15	8,75	23

Os parâmetros observados também variaram significativamente ($p < 0,0001$) ao longo dos meses. Essas variações foram encontradas em ambos os anos e com padrões semelhantes (Gráfico 2). O número de discos/colônia foi significativamente maior nos meses de março a junho (Gráfico 2), período que engloba o pico e o fim do período chuvoso (Gráfico 5) e quando há maior oferta de alimento no campo. O maior volume de pólen acumulado no interior das colônias (Gráfico 2) se deu entre os meses de abril a agosto ($11 \pm 6,8$ potes). Já o mel apresentou dois picos de produção durante o ano: março e novembro/dezembro (Gráfico 2). Em 2017, a colheita desse produto aconteceu, principalmente, no mês de junho. Em 2018, a maior parte da colheita de mel ocorreu em julho.

A temperatura do interior das colônias seguiu o mesmo padrão de variação da temperatura nos meliponários, sendo mais altas nos meses finais do ano (Gráfico 2). Os meses com maiores umidades, correspondentes ao período chuvoso no local da pesquisa (Gráfico 2), são também os que apresentam menores temperaturas tanto do interior das colônias quanto nos meliponários (Gráfico 2). Os perfis dos parâmetros climáticos locais foram semelhantes entre os dois anos (Gráfico 2). Entretanto, o volume de chuvas, que se concentra entre os meses de fevereiro e abril, no segundo ano foi muito superior à média (Gráfico 5). Em 2017 foram apenas 432,9 mm de chuva. Já em 2018 o volume foi mais do que o dobro, 897,4 mm.

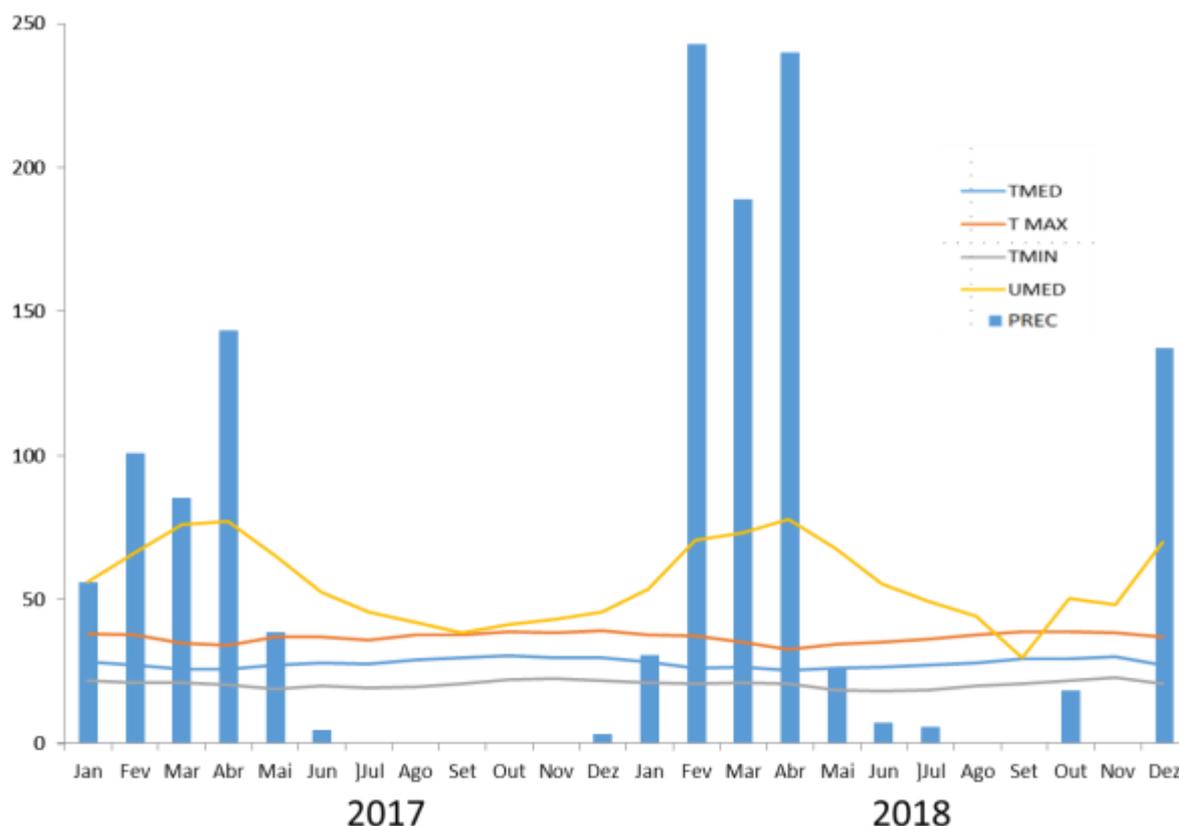


Gráfico 5 – Parâmetros climáticos de Crateús ao longo de 2017 e 2018. Precipitação pluviométrica (PREC - mm), temperatura média (TMED - ° C), temperatura máxima (TMAX - ° C), temperatura mínima (TMIN - ° C) e umidade relativa do ar média (UMED - %).

4.2 Avaliação qualitativa e quantitativa do pólen de *Melipona subnitida*

A quantidade de pólen coletado pelas colônias de *M. subnitida* variou significativamente entre as áreas, destacando-se as áreas 1 e 3 em 2017 e a área 3 em 2018 com maiores quantidades de pólen coletado (Gráfico 6). As demais áreas obtiveram desempenho semelhante na coleta de tal recurso. Houve também uma variação na coleta de pólen mensal, sendo o período de maior fluxo de entrada de pólen de abril a junho, com pico em maio (Gráfico 6). Durante o pico de coleta estimamos que chegaram a ser armazenados na área 3, por mês, 34,1 e 26,3g de pólen/colônia, em 2017 e 2018, respectivamente.

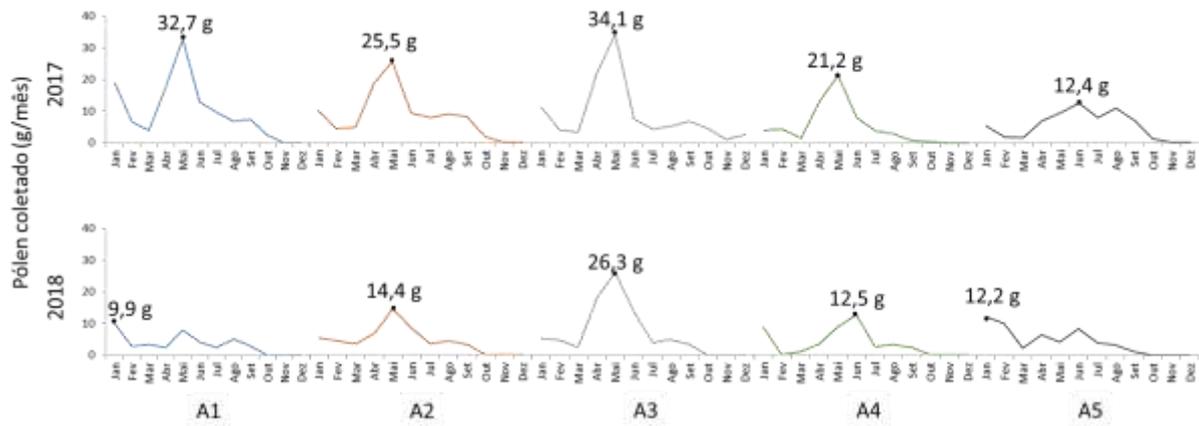


Gráfico 6- Estimativa do pólen coletado (g/mês) mensalmente por colônias de *Melipona subnitida* criadas em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização ao longo de 2017 e 2018. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 - preservada;

Não houve diferença significativa (MS: $p=0,6278$; MM: $p=0,669$; PROT: $p=0,368$) entre as áreas para os parâmetros qualitativos do pólen (Gráfico 7). Já ao longo do ano foi encontrada variação mensal nos valores de matéria seca e proteína bruta (Gráfico 7).

A matéria seca (MS) não variou ao longo do primeiro ano. No segundo ano, porém, houve 3 meses (janeiro, março e maio) nos quais o teor de MS foi significativamente menor. A matéria mineral (MM) não variou entre os meses.

Nesse estudo, verificamos variação de 19,34 a 58,62 % de proteína bruta nas amostras de pólen, com média de $36,2 \pm 7,58$ %. Os teores de proteína (PROT) apresentaram o mesmo padrão em ambos os anos: significativamente superiores entre março e junho ($43,34 \pm 3,87$ %), com pico em abril ($46,20 \pm 2,61$ %) (Gráfico 7).

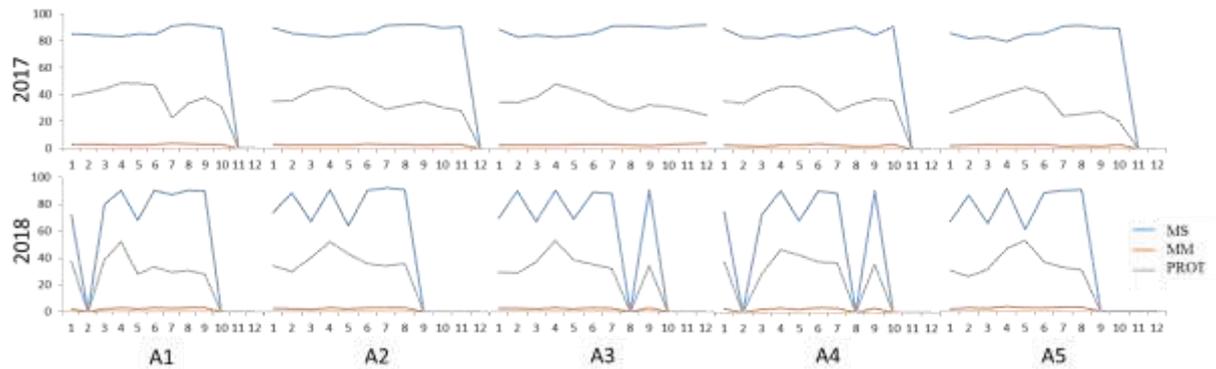


Gráfico 7 - Variação mensal dos parâmetros bromatológicos do pólen de *Melipona subnitida* criadas áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização ao longo de 2017 e 2018. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 - preservada; MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PROT: proteína bruta. No eixo horizontal temos que: 1 - janeiro; 2 - fevereiro; 3 - março; 4 - abril; 5 - maio; 6 - junho; 7 - julho; 8 - agosto; 9 - setembro; 10 - outubro; 11 - novembro; 12 – dezembro.

* Os meses em que a curva toca o eixo x foi quando não houve amostra coletada o suficiente para realizar as análises (pouco ou nenhum pólen novo nas colônias).

A análise de cluster dos dados bromatológicos das amostras de pólen de *M. subnitida* teve correlação cofenética de 86,42%. O grupo das áreas 2 e 4 teve maior similaridade, seguido da relação deste com a área 3 (Gráfico 8).

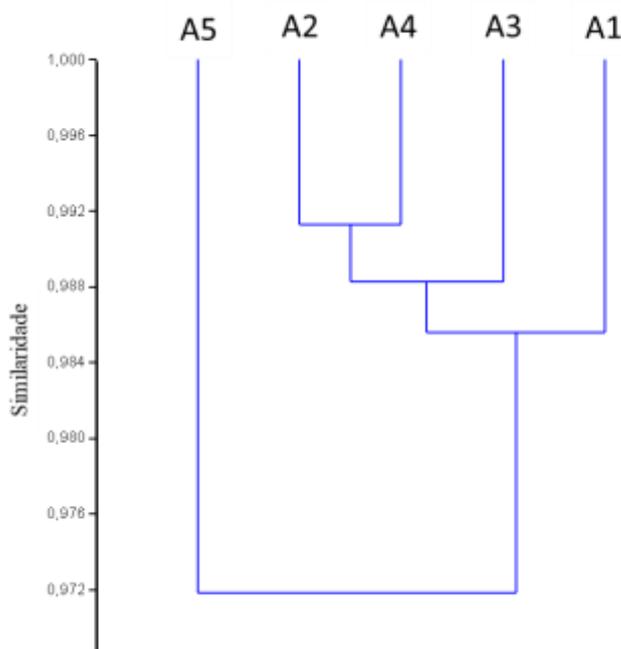


Gráfico 8 – Dendograma das relações entre cinco áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização para os os parâmetros bromatológicos de amostras de pólen da dieta de *Melipona subnitida* com coeficiente correlação cofenética de 86,42%. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada.

Testada a correlação entre os parâmetros bromatológicos e climáticos, encontramos uma relação da matéria seca positiva moderada com a matéria mineral ($r=0,46$), negativa moderada com a umidade média ($r=-0,45$) e positiva baixa com a temperatura média ($r=0,34$) e temperatura máxima ($r=0,29$). Já a proteína bruta teve relação positiva moderada com a precipitação pluviométrica ($r=0,41$), negativa moderada com a temperatura média ($r=-0,57$), negativa alta com a temperatura máxima ($r=-0,60$) e positiva alta com a umidade ($r=0,61$) (Gráfico 9).

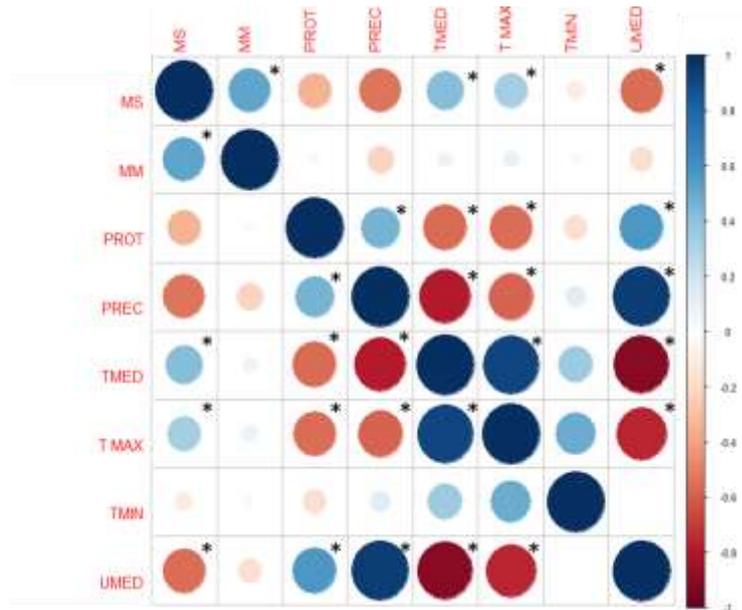


Gráfico 9 – Correlação entre fatores climáticos e parâmetros bromatológicos do pólen de colônias *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga. MS: matéria seca; MM: matéria mineral; PROT: proteína; PREC: precipitação pluviométrica; TMED: temperatura média; TMAX: temperatura máxima; TMIN: temperatura mínima; UMED: umidade relativa do ar média. Interações seguidas de “*” apresentam correlação significativa ($p < 0,05$).

4.3 Avaliação palinológica do pólen de *Melipona subnitida*

Trinta e sete tipos polínicos foram encontrados na dieta de *M. subnitida* (Tabela 5), dentre eles, os principais foram: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Angico), *Chamaecrista duckeana* (P.Bezerra & Afr.Fern.) H.S.Irwin & Barneby (Palma-do-campo), *Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore (Carnaubeira), *Eucalyptus moluccana* Roxb. (Eucalipto), *Jatropha mollissima* (Pohl) Baill. (Pinhão-bravo), *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Sabiá), *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir. (Jurema-preta), *Senna alata* (L.) Roxb. (Fedegoso), *Senna cearensis* Afr. Fern., *Senna occidentalis* (L.) Link (Fedegoso), *Senna siamea* (Lam.) H.S.Irwin & Barneby (Cássia), *Senna uniflora* (Mill.) H.S.Irwin & Barneby (Mata-pasto), *Solanum paniculatum* Mill. (Jurubeba), *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. (Espinheiro) e *Pityrocarpa moniliforme* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson (Angico-de-bezerra), *Psidium guajava* L. (Goiabeira), *Turnera subulata* Sm. (Chanana) e *Sarcophalus joazeiro* Mart.

(Joazeiro) (Figura 13), sendo a maior parte pertencente à Fabaceae (Subfamília Caesalpinoideae). Tal família teve maior representação não só no número de espécies, mas também na frequência dos tipos polínicos e volume destes dentro das amostras (Gráfico 10).

Houve diferença na classificação da importância dos tipos polínicos quando avaliada em relação à frequência e ao volume nas amostras (Tabela 5). Levando em consideração os dados de frequência dos tipos polínicos, foi encontrado um tipo dominante (*M. tenuiflora*) e cinco tipos isolados importantes (*M. caesalpiniiifolia*, *C. duckeana*, *P. moniliformis*, *A. colubrina* e *S. siamea*). Quando avaliado o volume dos tipos constituintes das amostras foi encontrado um tipo acessório (*S. siamea*) e dez tipos isolados importantes (*S. uniflora*, *M. tenuiflora*, *C. duckeana*, *S. paniculatum*, *S. cearensis*, *P. dulce*, *A. colubrina*, *T. subulata*, *P. moniliformis* e *L. leucocephala*) (Tabela 5).

Dentre as espécies que foram mais importantes na dieta, características como inflorescência como unidade de atração, flores de cores brancas, cremes ou amarelas, e porte arbóreo/abustivo foram frequentes. Entretanto, herbáceas como *Chamaecrista duckeana* e *Scoparia dulcis* também tiveram papel importante na dieta de *M. subnitida* (Tabela 5). A *M. tenuiflora* ganha destaque por sua dominância na frequência na dieta (48,73%). Já em relação ao volume dos grãos, o tipo polínico de maior influência nas amostras é *Senna siamea* (20,85%) (Tabela 5).

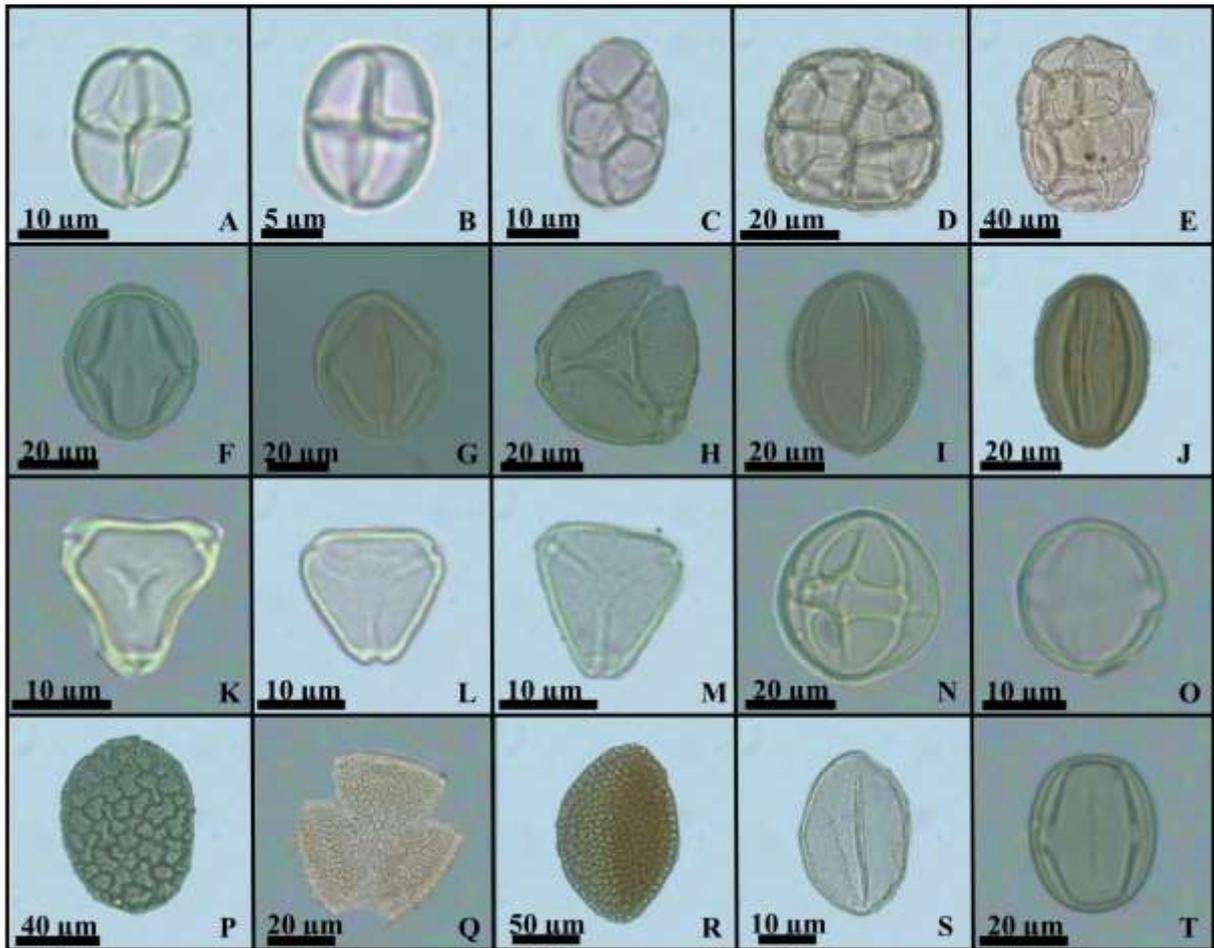


Figura 13 – Principais tipos polínicos da dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo de 2017 e 2018. A: *Mimosa tenuiflora*; B: *Mimosa caesalpiniiifolia*; C: *Pityrocarpa moniliformis*; D: *Anadenanthera colubrina*; E: *Pithecellobium dulce*; F: *Senna alata*; G: *Senna occidentalis*; H: *Senna siamea*; I: *Senna uniflora*; J: *Senna cearensis*; K: *Eucalyptus moluccana*; L: *Psidium guajava*; M: *Sarcophalus joazeiro*; N: *Solanum paniculatum*; O: *Solanum americanum*; P: *Passiflora foetia*; Q: *Turnera subulata*; R: *Jatropha mollissima*; S: *Copernicia prunifera*; T: *Chamaecrista duckeana*.

Entre os dois anos avaliados houve diferença significativa ($p=0,000032$), bem como entre os meses do ano ($p=0,00634$) em relação à riqueza na dieta de *M. subnitida* (Tabela 6). Fevereiro destacou-se como o mês de maior riqueza de espécies. Já dezembro foi o mês mais escasso em diversidade de tipos polínicos utilizados na dieta de *M. subnitida*. A importância dos tipos polínicos utilizados na dieta mudou de acordo com a abordagem utilizada:

frequência ou volume dos grãos (Tabela 8 e 9). Não houve diferença significativa entre as áreas em relação ao número de espécies utilizadas na dieta ($p=0,0657$) (Tabela 7). Entretanto, a importância das espécies foi diferente, de acordo com a área. Na área 1, o tipo polínico *M. tenuiflora* foi dominante em frequência, com cinco tipos isolados importantes (*M. caesalpiniifolia*, *C. duckeana*, *S. siamea*, *C. rotundifolia* e *S. dulcis*). Em relação ao volume, esta área apresentou dois tipos polínicos acessórios (*S. siamea* e *M. tenuiflora*) e quatro tipos isolados importantes (*T. subulata*, *C. duckeana*, *S. uniflora* e *C. rotundifolia*). Na área 2, a *M. tenuiflora* também teve tipo polínico dominante na frequência nas amostras, que continham também quatro tipos polínicos isolados importantes (*A. colubrina*, *C. duckeana*, *M. caesalpiniifolia* e *S. siamea*). Para as avaliações de volume desta área, foram encontrados dois tipos polínicos acessórios (*S. siamea* e *S. uniflora*) e quatro tipos isolados importantes (*A. colubrina*, *M. tenuiflora*, *L. leucocephala* e *C. duckeana*). A área 3 destacou-se com o maior índice de diversidade (Tabela 6), sendo encontrado um tipo acessório na frequência (*M. tenuiflora*) e sete tipos isolados importantes (*C. duckeana*, *Z. joazeiro*, *S. paniculatum*, *M. caesalpiniifolia*, *S. siamea*, *P. guajava* e *A. colubrina*). Em relação ao volume dos tipos polínicos desta área, encontramos dois tipos acessórios (*S. siamea* e *S. paniculatum*) e oito tipos isolados importantes (*T. subulata*, *C. duckeana*, *M. tenuiflora*, *S. cearensis*, *L. leucocephala*, *S. uniflora*, *Z. Joazeiro* e *A. colubrina*). Na área 4, foi encontrado um tipo polínico dominante (*M. tenuiflora*) e seis isolados importantes de acordo com a frequência nas amostras (*M. caesalpiniifolia*, *C. duckeana*, *S. uniflora*, *S. siamea*, *S. cearensis* e *S. paniculatum*). Em relação ao volume dos grãos dos tipos polínicos desta área temos um tipo acessório (*S. uniflora*) e cinco tipos isolados importantes (*S. siamea*, *S. cearensis*, *M. tenuiflora*, *C. duckeana* e *S. paniculatum*). A área cinco, por sua vez, teve dois tipos polínicos acessórios (*M. tenuiflora* e *P. moniliformis*) e três tipos isolados importantes (*A. urundeuva*, *C. prunifera* e *M. caesalpiniifolia*) na frequência dos grãos nas amostras. Já em relação ao

volume dos grãos, foram dois tipos acessórios (*P. dulce* e *P. moniliformis*) e três tipos isolados importantes (*C. prunifera*, *A. urundeuva* e *M. tenuiflora*) (Tabela 7).

O estrato arbóreo foi o que mais contribuiu como fonte de pólen em todas as áreas estudadas (Gráfico 11). As plantas desse grupo foram importantes, principalmente, no ano 2018, quando houve menor número de espécies utilizadas por *M. subnitida* em sua dieta.

Tabela 5 – Ocorrência de tipos de polínicos na dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga em relação ao número e volume dos grãos. F 2017: frequência dos grãos em 2017; F 2018: frequência dos grão em 2018; F TOTAL: frequência total dos grãos; V 2017: volume dos grãos em 2017; V 2018: volume dos grãos em 2018; V TOTAL: volume totas dos grãos.

<i>Família</i>	<i>Espécie</i>	<i>F 2017</i> (%)	<i>F 2018</i> (%)	<i>F TOTAL</i> (%)	<i>V 2017</i> (%)	<i>V 2018</i> (%)	<i>V TOTAL</i> (%)	<i>Hábito da planta</i>	<i>Cor da flor</i>
Amaranthaceae	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	0,0190	-	0,0142	0,003	-	0,0023	Herbáceo	amarela
Anacardiaceae	<i>Astronium urundeuva</i> (M. Allemão) Engl.	*3,6443	0,0442	2,7422	*3,987	0,038	2,7996	Arbóreo	creme
Arecaceae	<i>Copernicia prunifera</i> (Mill.) H. E. Moore	1,1606	*5,2316	2,1808	1,577	*5,529	2,7647	Arbóreo	amarela
Euphorbiaceae	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	0,0042	-	0,0032	0,198	-	0,1383	Arbustivo	vermelha
Fabaceae- Caesalpinioideae	<i>Anadenanthera colubrina</i> var. <i>cebil</i> (Griseb.) Altschul	1,8865	*10,5200	*4,0500	2,259	*9,802	*4,5264	Arbóreo	creme
	<i>Chamaecrista duckeana</i> (P.Bezerra & Afr.Fern.) H.S.Irwin & Barneby	*8,7657	*7,6865	*8,4953	*8,289	*5,656	*7,4976	Herbáceo	amarela
	<i>Chamaecrista pilosa</i> (L.) Greena	0,0971	-	0,0727	0,083	-	0,0584	Herbáceo	amarela
	<i>Chamaecrista rotundifolia</i> (Pers.) Greene	1,4202	-	1,0643	1,088	-	0,7611	Herbáceo	amarela
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	0,6246	0,0126	0,4713	*4,738	0,074	*3,3362	Arbóreo	branca
	<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	*8,9240	*9,9583	*9,1832	1,198	1,040	1,1506	Arbóreo	branca
	<i>Mimosa candollei</i> R. Grether	0,0338	-	0,0253	0,056	-	0,0389	Herbáceo	rosea
	<i>Mimosa invis</i> Mart. ex Colla var. <i>invis</i>	0,1013	0,0126	0,0791	0,031	0,003	0,0224	Arbustivo	rosea
<i>Mimosa misera</i> Benth	0,0042	-	0,0032	0,002	-	0,0015	Herbácea	rosea	

Continuação...

Tabela 5 – Ocorrência de tipos de polínicos na dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga em relação ao número e volume dos grãos. F 2017: frequência dos grãos em 2017; F 2018: frequência dos grão em 2018; F TOTAL: frequência total dos grãos; V 2017: volume dos grãos em 2017; V 2018: volume dos grãos em 2018; V TOTAL: volume totas dos grãos.

<i>Família</i>	<i>Espécie</i>	<i>F 2017</i> (%)	<i>F 2018</i> (%)	<i>F TOTAL</i> (%)	<i>V 2017</i> (%)	<i>V 2018</i> (%)	<i>V TOTAL</i> (%)	<i>Hábito da planta</i>	<i>Cor da flor</i>
Fabaceae- Caesalpinioideae	<i>Mimosa niomarlei</i> Afr. Fern.	0,0127	-	0,0095	0,001	-	0,0004	Herbáceo	rosea
	<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	***51,8179	**39,5115	***48,7341	*14,786	*8,772	*12,9785	Arbóreo	creme
	<i>Piptadenia retusa</i> P.G.Ribeiro Seigler & Ebinger	0,0612	-	0,0459	0,035	-	0,0243	Arbustivo	creme
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	0,5465	0,0063	0,4112	*8,351	0,075	*5,8636	Arbóreo	amarela
	<i>Pityrocarpa moniliformis</i> (Benth.) Luckow & R.W.Jobson	*6,5690	*3,3384	*5,7595	*4,643	1,836	*3,7994	Arbóreo	amarela
	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	0,1034	0,0126	0,0807	0,473	0,045	0,3443	Arbóreo	branca
	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	0,3018	0,3913	0,3242	0,915	0,924	0,9179	Arbustivo	amarela
	<i>Senna cearensis</i> Afr. Fern.	0,9834	0,9403	0,9726	*6,422	*4,778	*5,9275	Arbustivo	amarela
	<i>Senna lechriospera</i> H.S.Irwin & Barneby	0,0042	0,0063	0,0047	X	X	X	Arbustivo	amarela
	<i>Senna occidentalis</i> (L.) Link	0,0781	-	0,0585	0,1441	0,0000	0,1008	Herbáceo	amarela
	<i>Senna siamea</i> (Lam.) H.S.Irwin & Barneby	1,1838	*10,9491	*3,6309	*7,2827	***52,4097	**20,8468	Arbóreo	amarela
<i>Senna uniflora</i> (Mill.) H.S.Irwin & Barneby	2,8129	0,2840	2,1792	**18,3689	1,4429	*13,2814	Herbáceo	amarela	
Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	0,0042	-	0,0032	0,0172	0,0000	0,0120	Arbóreo	branca

Continuação...

Tabela 5 – Ocorrência de tipos de polínicos na dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga em relação ao número e volume dos grãos. F 2017: frequência dos grãos em 2017; F 2018: frequência dos grão em 2018; F TOTAL: frequência total dos grãos; V 2017: volume dos grãos em 2017; V 2018: volume dos grãos em 2018; V TOTAL: volume totas dos grãos.

<i>Família</i>	<i>Espécie</i>	<i>F 2017</i> (%)	<i>F 2018</i> (%)	<i>F TOTAL</i> (%)	<i>V 2017</i> (%)	<i>V 2018</i> (%)	<i>V TOTAL</i> (%)	<i>Hábito da planta</i>	<i>Cor da flor</i>
Myrtaceae	<i>Eucalyptus moluccana</i> Roxb.	0,5761	0,3786	0,5266	0,4082	0,2088	0,3483	Arbóreo	branca
	<i>Psidium guajava</i> L.	1,0066	1,7733	1,1987	0,1471	0,2017	0,1635	Arbóreo	branca
Passifloraceae	<i>Passiflora foetida</i> L.	0,0084	-	0,0063	0,1159	0,0000	0,0811	Herbáceo	branca/lilás
Plantaginaceae	<i>Scoparia dulcis</i> L.	0,1583	*4,1083	1,1481	0,0112	0,2256	0,0756	Herbáceo	branca
Rhamnaceae	<i>Sarcophalus joazeiro</i> (Mart.) Hauenschild	*3,1758	0,6942	2,5540	1,1867	0,2018	0,8907	Arbóreo	creme/verde
Solanaceae	<i>Solanum americanum</i> Mill.	0,7977	0,0947	0,6215	0,7454	0,0688	0,5421	Arbustivo	branca
	<i>Solanum paniculatum</i> L.	2,7622	*3,6161	2,9762	*6,5468	*6,6685	*6,5834	Arbustivo	branca
Turneraceae	<i>Turnera subulata</i> Sm.	0,2659	-	0,1993	*5,8914	0,0000	*4,1205	Herbáceo	creme
Indefinido	Tipo 2	0,0042	-	0,0032	X	X	X	-	-
Indefinido	Tipo 3	0,0802	-	0,0601	X	X	X	-	-
Indefinido	Tipo 4	-	0,4291	0,1075	X	X	X	-	-

“****” : Pólen dominante; “**” : Pólen acessório; “*” : Pólen isolado importante; “-” : não existente na amostra; “X” : volume não calculado.

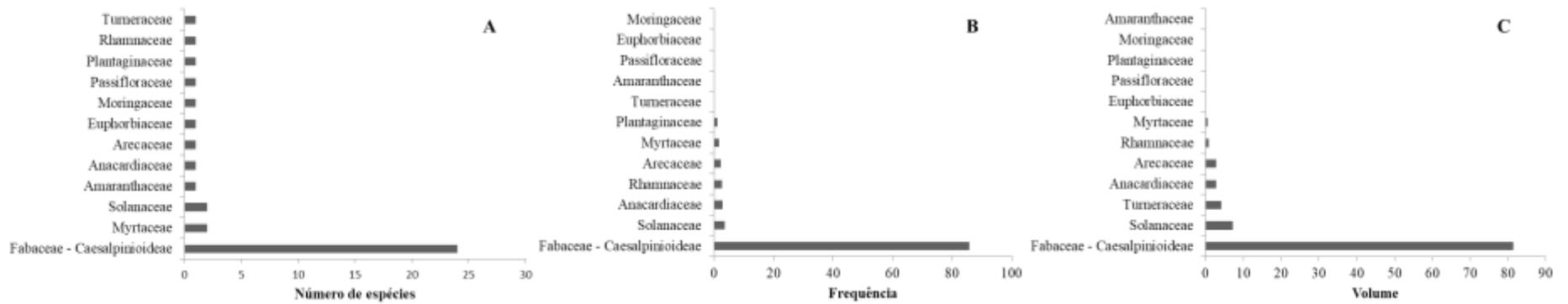


Gráfico 10 – Número de espécies, frequência e volume de tipos polínicos por famílias vegetais identificados em amostras de pólen de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga.

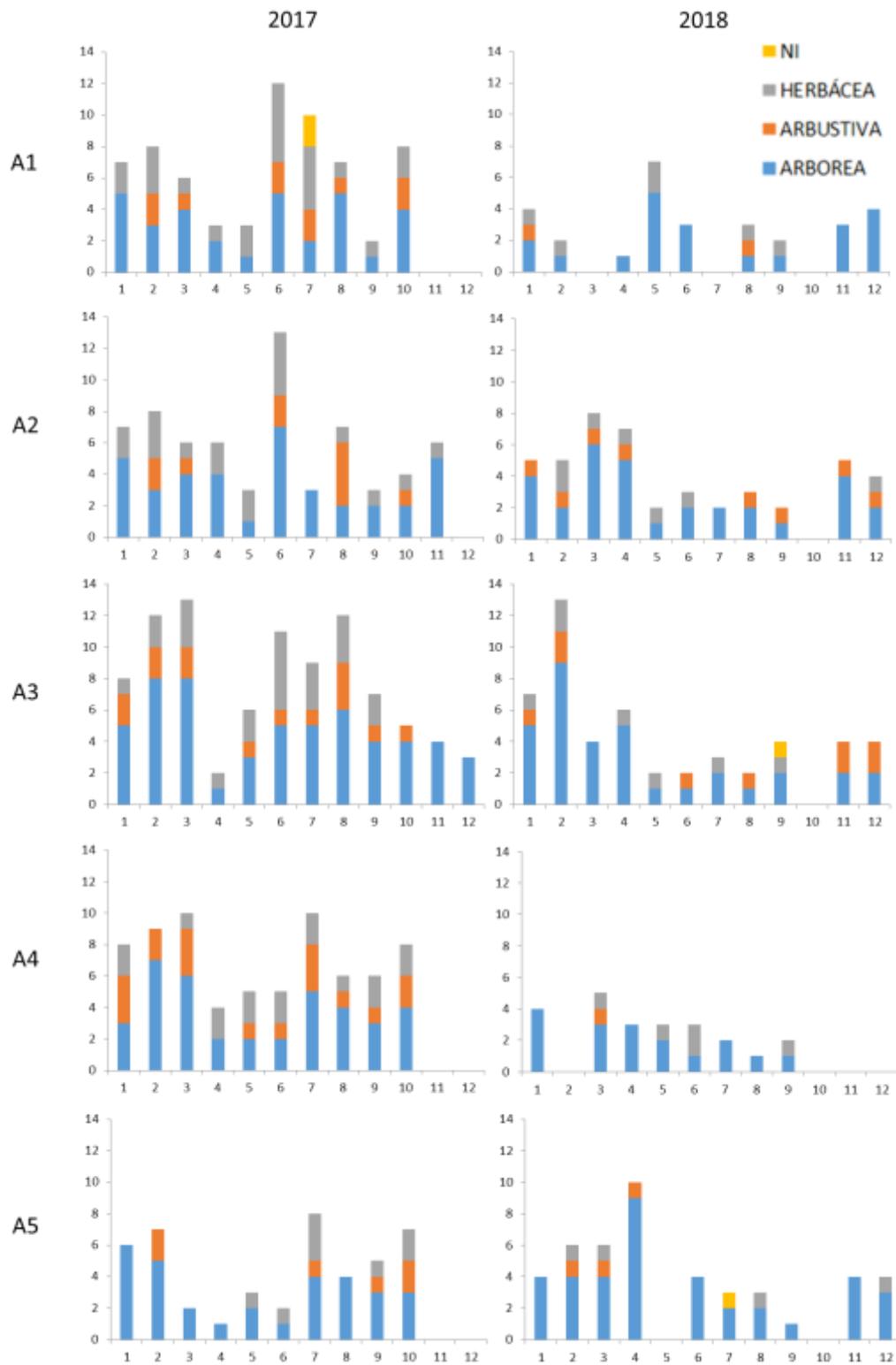


Gráfico 11 – Contribuição dos diferentes estratos da vegetação nas espécies fontes de tipos polínicos encontrados na dieta de *Melipona subnitida* criadas em áreas de Caatinga com diferentes graus de antropização. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de

antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada

Tabela 6 – Riqueza de espécies (Taxa S) na dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo dos anos de 2017 e 2018.

Mês	Taxa S				Significância/mês
	2017		2018		
	Média	n total	Média	n total	
Jan	7,2±0,84	15	4,8 ±1,09	10	ab
Fev	8,8±1,9	17	5,4 ±5,12	16	a
Mar	7,8±4,32	14	4,6 ±0,96	12	ab
Abr	3,4 ±2,07	8	5,4 ±3,5	12	ab
Mai	4 ±1,4	7	2,8 ±2,6	7	ab
Jun	8,6 ±4,83	19	3,2 ±0,45	8	ab
Jul	7,8 ±2,95	19	2 ±0,58	6	ab
Ago	7,2 ±2,49	21	2,4 ±0,89	6	ab
Set	4,6 ±2,07	12	2,2 ±1,09	6	ab
Out	6 ±1,87	13	-	0	ab
Nov	2,6 ±3,58	9	3 ±1,87	8	ab
Dez	1,2 ±2,68	6	3,2 ±1,79	11	b
Total	5,8 ±3,52 A	36	3,4 ±2,58 B	23	-
Total de sp.					37

Tabela 7 – Tipos polínicos encontrados em amostras de pólen de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em áreas com diferentes graus de antropização na Caatinga. Área 1 – preservada; Área 2 – baixo grau de antropização; Área 3 - alto grau de antropização; Área 4 - moderado grau de antropização; Área 5 – preservada; F: frequência; V: volume.

Tipos polínicos	Área 1		Área 2		Área 3		Área 4		Área 5	
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
<i>Alternanthera brasiliana</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Astronium urundeuva</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	*10,90438	*12,9351
<i>Copernicia prunifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	*9,391684	*13,8339
<i>Jatropha molíssima</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Anadenanthera colubrina</i>	+	+	*14,12944	*14,90301	*3,046649	*3,024865	+	+	+	+
<i>Chamaecrista duckeana</i>	*10,26181	*12,30025	*7,588739	*6,320593	*11,8675	*9,304257	*12,24191	*8,954138	+	+
<i>Chamaecrista pilosa</i>	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	*3,242279	*3,149277	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Leucaena leucocephala</i>	+	+	+	*8,177449	+	*6,450393	+	+	+	+
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	*10,5293	+	*5,630355	+	*8,592919	+	*13,24988	+	*8,178288	+
<i>Mimosa candolei</i>	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+
<i>Mimosa invisá</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Mimosa misera</i>	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mimosa niomarlei</i>	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Mimosa tenuiflora</i>	***63,54057	**22,98214	***55,73745	*14,00828	**34,88831	*8,253764	***51,69891	**11,41052	**38,34331	*11,8642
<i>Piptadenia retusa</i>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<i>Pithecellobium Dulce</i>	-	-	-	-	+	+	-	-	+	**34,71515
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	**24,00097	**18,39558
<i>Senegalia sp.</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Senna alata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Senna cearensis</i>	+	+	+	+	+	*7,116323	*3,462852	**17,49111	-	-
<i>Senna lechniospera</i>	-	.	-	.	+	.	+	.	+	.

“***” : Pólen dominante; “**” : Pólen acessório; “*” : Pólen isolado importante; “-” : inexistente na amostra; “X” : volume não calculado; “+”: <3%..

Continuação...

Tabela 7 – Tipos polínicos encontrados em amostras de pólen de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em áreas com diferentes graus de antropização na Caatinga. Área 1 – preservada; Área 2 – baixo grau de antropização; Área 3 - alto grau de antropização; Área 4 - moderado grau de antropização; Área 5 – preservada.

Tipos polínicos	Área 1		Área 2		Área 3		Área 4		Área 5	
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
<i>Senna occidentalis</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Senna siamea</i>	*4,263597	**33,24675	*5,500306	**29,80287	*3,988756	**20,34432	*3,942448	**18,7596	+	+
<i>Senna uniflora</i>	+	5,635967	+	16,85209	+	4,936178	6,42172	32,43656	+	+
<i>Moringa oleífera</i>	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Eucalyptus moluccana</i>	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Psidium guajava</i>	-	-	+	+	3,608874	+	+	+	+	+
<i>Passiflora foetia</i>	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Scoparia dulcis</i>	3,023425	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Sarcophalus joazeiro</i>	-	-	+	+	11,39644	3,530701	-	-	+	+
<i>Solanum americanum</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Solanum paniculatum</i>	+	+	+	+	10,03647	19,7218	3,040156	5,573313	+	+
<i>Turnera subulata</i>	+	12,52111	-	-	+	9,909664	-	-	-	-
Tipo 2	+	.	-	.	-	.	-	.	-	.
Tipo 3	+	.	-	.	-	.	-	.	-	.
Tipo 4	-	.	-	.	+	.	-	.	+	.
Riqueza de espécies (S)	26		27		27		21		24	
Índice de Shannon-Wiener (H')	1,371		1,641		2,224		1,658		1,797	
Índice de Pielou (J')	0,4206		0,498		0,6747		0,5447		0,5654	
Índice de Berger-Parker	0,6354		0,5574		0,3489		0,517		0,3834	

“***” : Pólen dominante; “** ”: Pólen acessório; “*” : Pólen isolado importante; “-” : inexistente na amostra; “X” : volume não calculado; “+”: <3%..

Tabela 8 - Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2017.

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T 2017
<i>Alternanthera brasiliana</i>	Freq	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0190
	Vol	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0033
<i>Astronium urundeuva</i>	Freq	-	-	-	-	-	9,5816	-	23,2679	4,3470	-	-	3,2500	3,6443
	Vol	-	-	-	-	-	12,2788	-	22,9756	3,0599	-	-	7,4608	3,9866
<i>Copernicia prunifera</i>	Freq	3,7000	+	-	-	-	+	+	+	-	4,1784	-	-	1,1606
	Vol	12,9251	3,3845	-	-	-	+	+	+	-	8,3255	-	-	1,5766
<i>Jatropha mollissima</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	0,0042
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,2275	-	-	0,1978
<i>Anadenanthera colubrina</i>	Freq	+	+	4,6909	3,1738	-	+	-	+	-	+	24,3642	+	1,8865
	Vol	4,6194	3,3614	13,8345	3,6081	-	+	-	+	-	+	40,1299	7,2249	2,2591
<i>Chamaecrista duckeana</i>	Freq	+	0,1224	+	39,8926	30,3611	14,6829	4,7456	+	3,2556	9,4131	+	+	8,7657
	Vol	+	+	+	35,8118	11,3428	16,2651	+	+	+	13,0566	+	+	8,2892
<i>Chamaecrista pilosa</i>	Freq	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0971
	Vol	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0835
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	Freq	+	+	+	-	-	12,1997	+	-	-	-	-	-	1,4202
	Vol	+	+	4,1175	-	-	10,9513	+	-	-	-	-	-	1,0883
<i>Leucaena leucocephala</i>	Freq	-	+	+	3,8818	+	-	-	+	-	-	-	-	0,6246
	Vol	-	13,6363	5,7741	27,9526	+	-	-	8,7157	-	-	-	-	4,7379
<i>Mimosa caesalpinifolia</i>	Freq	+	+	34,0727	-	-	32,6316	18,0144	8,4725	+	+	+	-	8,9240
	Vol	+	+	11,2648	-	-	5,1316	+	+	+	+	+	-	1,1980
<i>Mimosa candolei</i>	Freq	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	0,0338
	Vol	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	0,0556
<i>Mimosa invisa</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0,1013
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0,0307
<i>Mimosa misera</i>	Freq	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0042
	Vol	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0021

“-”: inexistente na amostra; “+”: <3%.

Continuação...

Tabela 8 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2017.

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T 2017
<i>Mimosa niomarlei</i>	Freq	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0127
	Vol	-	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	0,0005
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Freq	89,7167	70,8163	45,0727	22,4365	25,4444	20,9177	45,0203	50,4591	77,5499	59,6244	7,4651	+	51,8179
	Vol	65,8347	31,2284	31,6745	6,0777	+	6,9921	7,7297	12,9965	14,2387	24,9557	+	+	14,7860
<i>Piptadenia retusa</i>	Freq	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	0,0612
	Vol	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	0,0347
<i>Pithecellobium dulce</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	4,8739	-	-	-	0,5465
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	47,9212	-	-	-	8,3513
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Freq	-	8,1429	9,9818	29,4434	11,3333	+	12,0200	+	+	+	-	-	6,5690
	Vol	-	8,8946	17,3757	19,7563	3,1648	+	5,1121	+	+	+	-	-	4,6431
<i>Senegalia polyphylla</i>	Freq	+	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	0,1034
	Vol	4,3135	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	0,4730
<i>Senna alata</i>	Freq	-	-	-	-	-	3,6707	+	+	-	-	-	-	0,3018
	Vol	-	-	-	-	-	13,0446	+	+	-	-	-	-	0,9154
<i>Senna cearensis</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	9,9594	+	+	-	-	-	0,9834
	Vol	-	-	-	-	-	-	39,1335	+	11,0702	-	-	-	6,4215
<i>Senna lechriosperma</i>	Freq	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-	0,0042
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senna occidentalis</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0,0781
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	0,1441
<i>Senna siamea</i>	Freq	+	-	-	+	-	3,3468	4,1836	+	4,1400	+	+	-	1,1838
	Vol	+	-	-	+	-	24,1192	15,4859	3,8240	16,3880	+	13,8824	-	7,2827
<i>Senna uniflora</i>	Freq	+	+	+	+	31,5278	+	+	+	+	+	-	-	2,8129
	Vol	+	+	4,0937	3,9351	81,3402	8,8784	4,1710	+	3,4792	5,1716	-	-	18,3689

“-”: inexistente na amostra; “+”: <3%.

Continuação...

Tabela 8 - Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2017.

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T 2017
<i>Moringa oleifera</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0042
	Vol	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0172
<i>Eucalyptus moluccana</i>	Freq	+	+	+	-	-	-	-	-	+	3,3333	+	-	0,5761
	Vol	+	+	+	-	-	-	-	-	+	3,4649	+	-	0,4082
<i>Psidium guajava</i>	Freq	+	+	+	+	-	+	+	+	+	6,1502	-	-	1,0066
	Vol	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	0,1471
<i>Passiflora foetia</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0,0084
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1987	-	0,1159
<i>Scoparia dulcis</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	0,1583
	Vol	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	0,0112
<i>Sarcophalus joazeiro</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	64,1509	90,3750	3,1758
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32,97054	70,86835	1,186725
<i>Solanum americanum</i>	Freq	+	3,4490	+	-	-	-	-	+	-	3,2864	-	-	0,7977
	Vol	+	4,9811	+	-	-	-	-	+	-	4,5049	-	-	0,7454
<i>Solanum paniculatum</i>	Freq	+	7,5918	+	-	+	-	+	6,3022	+	9,0141	+	+	2,7622
	Vol	4,5713	27,8071	8,4902	-	+	-	+	13,4825	+	31,3373	+	13,0559	6,5468
<i>Turnera subulata</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-	-	0,2659
	Vol	-	-	-	-	-	-	22,8935	29,6333	-	-	-	-	5,8914
Tipo 2	Freq	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0042
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo 3	Freq	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0802
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tipo 4	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

“-”: inexistente na amostra; “+”: <3%.

Continuação...

Tabela 8 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2017.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	T 2017
Riqueza de espécies (S)	15	17	14	8	7	19	19	21	12	13	9	6	36
Índice de Shannon-Wiener (H')	0,5425	1,2090	1,3730	1,3590	1,3850	1,8500	1,7190	1,5860	0,9787	1,4850	1,0130	0,4471	1,9270
Índice de Pielou (J')	0,2003	0,4266	0,5204	0,6537	0,7115	0,6283	0,5836	0,5209	0,3939	0,5790	0,4609	0,2495	0,5376
Índice de Berger-Parker	0,8972	0,7082	0,4507	0,3989	0,3153	0,3263	0,4502	0,5046	0,7755	0,5962	0,6415	0,9038	0,5182

“-”: inexistente na amostra; “+”: <3%.

Continuação...

Tabela 9 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2018.

Mês		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez	T 2018	TOTAL
<i>Mimosa niomarlei</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0074
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0004
<i>Mimosa tenuiflora</i>	Freq	58,6083	37,7086	+	+	11,1610	23,9759	74,8153	86,6000	84,5882	21,9277	3,4840	40,4061	47,1090
	Vol	27,3551	11,5528	+	+	+	+	27,7862	86,8772	71,4565	4,3392	+	8,7725	12,9785
<i>Piptadenia retusa</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0359
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0243
<i>Pithecellobium Dulce</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0,0060	0,3235
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	0,0750	5,8636
<i>Pityrocarpa moniliformis</i>	Freq	-	+	3,3708	21,6703	16,8256	-	-	+	-	-	-	4,4455	5,6928
	Vol	-	+	3,2344	15,4421	+	-	-	+	-	-	-	1,8360	3,7994
<i>Senegalia polyphylla</i>	Freq	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0120	0,0657
	Vol	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	0,0449	0,3443
<i>Senna alata</i>	Freq	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	0,3725	0,3309
	Vol	-	3,2126	-	8,1802	-	-	-	-	-	-	-	0,9235	0,9179
<i>Senna cearenses</i>	Freq	-	-	+	-	-	7,7711	-	+	+	-	+	0,8951	0,9469
	Vol	-	-	+	-	-	11,7767	-	+	+	-	4,9487	4,7778	5,9275
<i>Senna lechriosperma</i>	Freq	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0060	0,0050
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Senna occidentalis</i>	Freq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0459
	Vol	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1008
<i>Senna siamea</i>	Freq	+	+	+	10,6441	13,1239	59,6386	7,9919	+	+	+	12,6177	10,5911	5,0656
	Vol	5,4327	18,0413	12,1988	66,0160	53,0295	85,1422	65,0520	4,3257	20,3549	3,4268	41,6465	52,4097	20,8468
<i>Senna uniflora</i>	Freq	-	+	-	-	2,2995	-	-	-	-	-	-	0,2703	1,7637
	Vol	-	+	-	-	9,8631	-	-	-	-	-	-	1,4429	13,2814

Continuação...

Tabela 9 – Frequência e volume dos tipos polínicos encontrados em dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga ao longo do ano de 2018.

Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dez	T 2018	TOTAL
Riqueza de espécies (S)	10	16	12	12	7	8	6	6	6	8	11	23	37
Índice de Shannon-Wiener (H')	1,2410	1,8180	1,1610	1,2810	1,2970	1,1380	0,8937	0,4453	0,5328	1,4500	1,8350	2,0270	2,0310
Índice de Pielou (J')	0,5391	0,6556	0,4671	0,5155	0,6664	0,5472	0,4988	0,2485	0,2973	0,6972	0,7651	0,6463	0,5623
Índice de Berger-Parker	0,5861	0,3771	0,4483	0,5710	0,5513	0,5964	0,7482	0,8660	0,8459	0,3052	0,3145	0,4041	0,4891

“-”: inexistente na amostra; “+”: <3%.

A análise de cluster dos dados de frequência mostrou correlação cofenética de 98% e para o volume foi de 99,75%. Levando em consideração a frequência das espécies, as áreas 1 (preservada) e 4 (moderado grau de antropização) foram as mais similares, sendo esse grupo mais similar à área 2 (baixo grau de antropização). Já em relação ao volume dos tipos polínicos nas amostras, as áreas 1 (preservada) e 3 (alto grau de antropização) foram as mais similares, estando esse grupo próximo à área 2. Em ambas as classificações, a área 5 (preservada, mas com altitude de 626m acima do nível do mar e temperaturas significativamente mais baixas do que as outras áreas) ficou como grupo isolado mais distante (Gráfico 12).

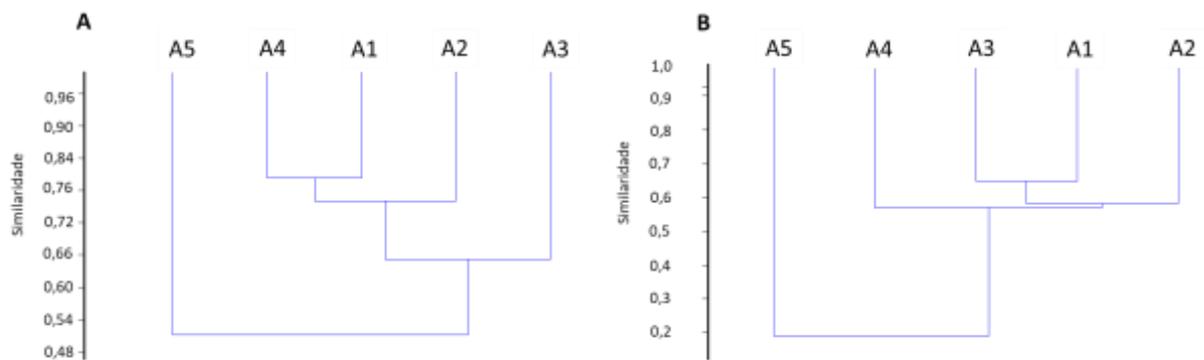


Gráfico 12 – Dendrograma das relações entre cinco áreas com diferentes graus de antropização para os tipos polínicos encontrados na dieta de *Melipona subnitida* criada em área de Caatinga com coeficiente correlação cofenética de 98% e 99,75%, respectivamente. A: frequência dos tipos polínicos; B: volume dos tipos polínicos; A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada.

A PCA das áreas em relação à frequência dos tipos polínicos mostrou que os dois primeiros componentes principais foram suficientes para explicar 86,73% da variação total. O primeiro componente explicou 58,19% da variação, com gráfico biplot mostrando *M.*

tenuiflora e *Pityrocarpa moniliformis* como tipos polínicos que mais contribuíram no primeiro PCA (Gráfico 13 A).

Já a PCA das áreas em relação ao volume dos tipos polínicos mostrou que os dois primeiros componentes principais foram suficientes para explicar 79,87% da variação total. O primeiro componente explicou 55,57% da variação, com gráfico biplot mostrando *Senna siamea*, *Senna uniflora* e *Pithecellobium dulce* como tipos polínicos que mais contribuíram no primeiro PCA (Gráfico 13 B).

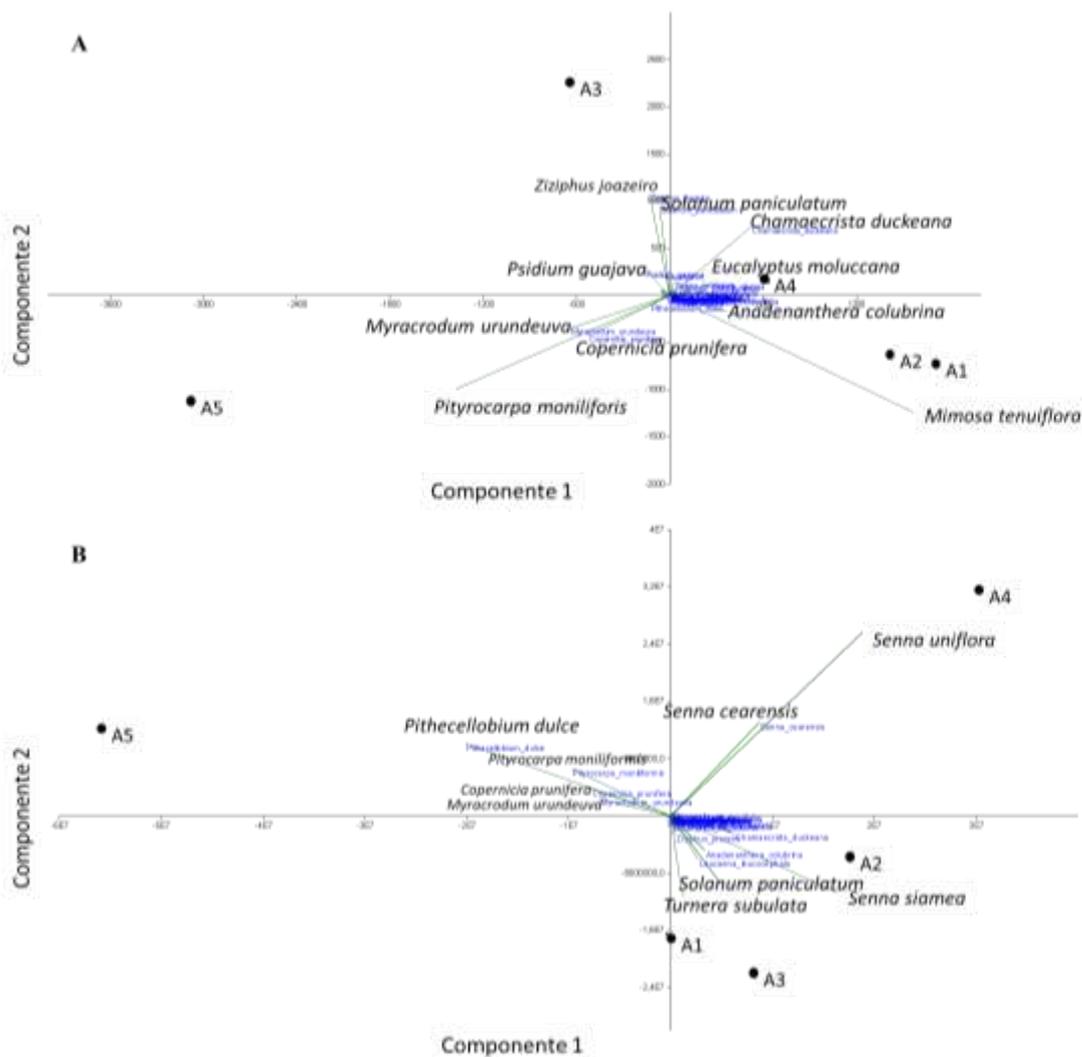


Gráfico 13 – Scatter plot da Análise de Componentes Principais (PCA) e biplot que relaciona os tipos polínicos encontrados na dieta de 85 colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga com diferentes graus de antropização. A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo

grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada.

No gráfico 14, observamos as redes de interações das colônias das áreas com diferentes graus de antropização e os tipos polínicos encontrados na dieta de *M. subnitida*. Das 185 interações possíveis entre as plantas registradas na dieta geral e as colônias das diferentes áreas, foram registradas 67,57% delas (n=125). Das interações verificadas, as áreas 2 e 3 tiveram 21,6%, cada. As áreas 1, 5 e 4 tiveram 20,8% , 19,2% e 16,8%, respectivamente.

A especialização da rede (H2') foi de 0,262 em relação à frequência dos tipos polínicos na dieta (A). Já para o volume (B), H2' foi de 0,324. A conectância (C) foi de 0,6757 e 0,7151 para as redes A e B, respectivamente. O aninhamento (NODF) foi de 37,48 em A e 66,35 em B.

Quando avaliada apenas a frequência dos tipos polínicos na dieta das diferentes áreas, *M. tenuiflora* foi a espécie mais importante para todas as áreas (Gráfico 14 - A). Entretanto, ao avaliarmos o volume dos grãos (Gráfico 14 - B) verificamos uma distribuição mais homogênea da importância das espécies na dieta de *M. subnitida*. Assim, outras espécies como *S. siamea*, *S. uniflora*, *P. dulce*, *C. duckeana* e *S. paniculatum* ganham destaque no nível de importância dentro da dieta de *M. subnitida*.

Na área 1 (preservada), as espécies que tiveram uma maior participação na dieta nos meses de mais altos teores de proteína bruta foram: *C. duckeana*, *M. caesalpinifolia* e *M. tenuiflora* (Gráfico 15). Já na área 2 (baixo grau de antropização), foram: *A. colubrina*, *C. duckeana*, *L. leucocaphala*, *P. moniliformis*, *S. alata* e *S. siamea* (Gráfico 16). Na área 3 (alto grau de antropização), as espécies *C. duckeana* e *S. siamea* foram dominantes do mês de pico de proteína bruta (Gráfico 17). Na área 4 (moderado grau de antropização), *C. duckeana*, *S. siamea* e *S. uniflora* ganharam destaque (Gráfico 18). Na área 5 (preservada e de altitude

superior a 600m) as espécies com maior volume percentual foram: *C. duckeana*, *M. tenuiflora* e *P. moniliformis* (Gráfico 19).

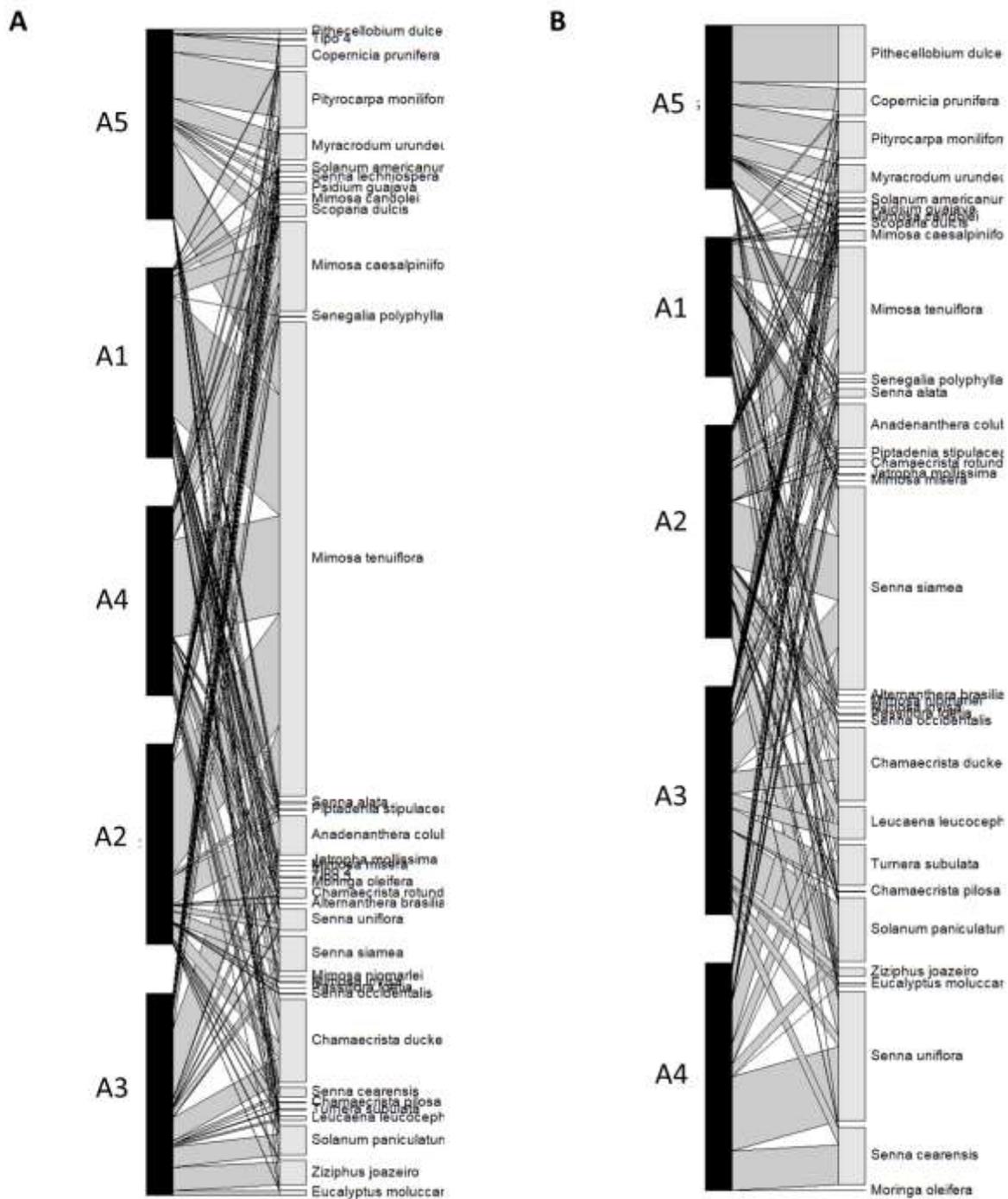


Gráfico 14 – Rede de interações entre áreas com diferentes graus de antropização e os tipos polínicos encontrados em dieta de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de

Caatinga. A: Relação áreas-frequência dos tipos polínicos (H' : 0,262; C: 0,6757; NODF: 37,48); B) Relação áreas-volume dos tipos polínicos (H' : 0,324; C: 0,7151; NODF: 66,35). A1: área 1 – preservada; A2: área 2 – baixo grau de antropização; A3: área 3 - alto grau de antropização; A4: área 4 - moderado grau de antropização; A5: área 5 – preservada.

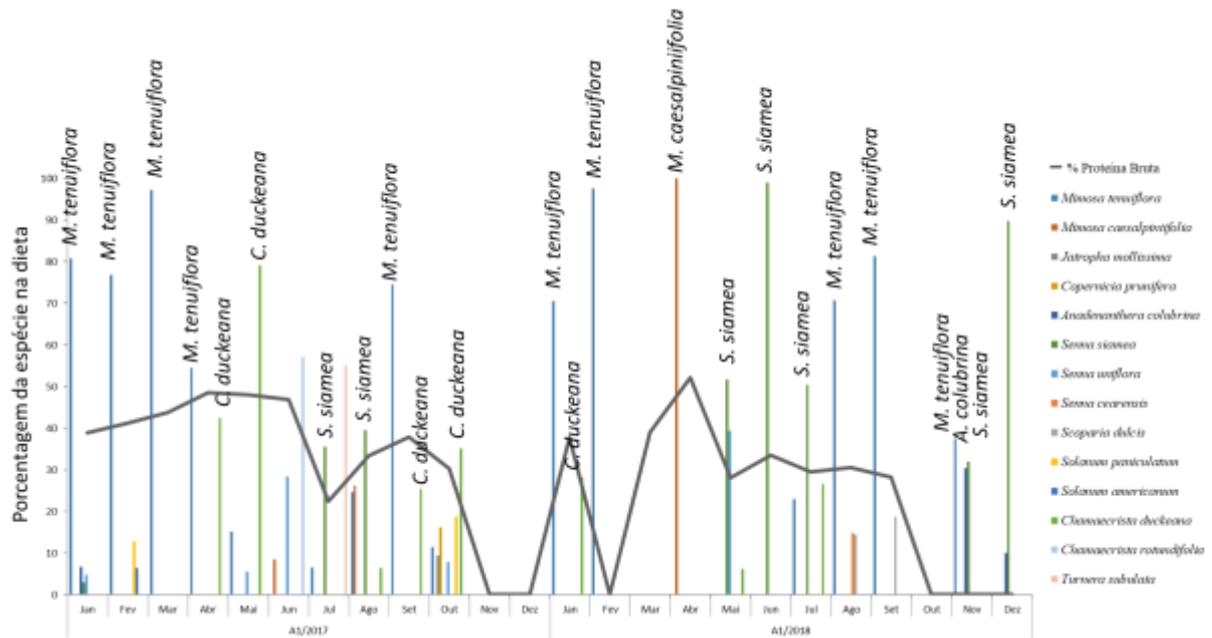


Gráfico 15 – Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga preservada (A1) ao longo dos anos de 2017 e 2018.

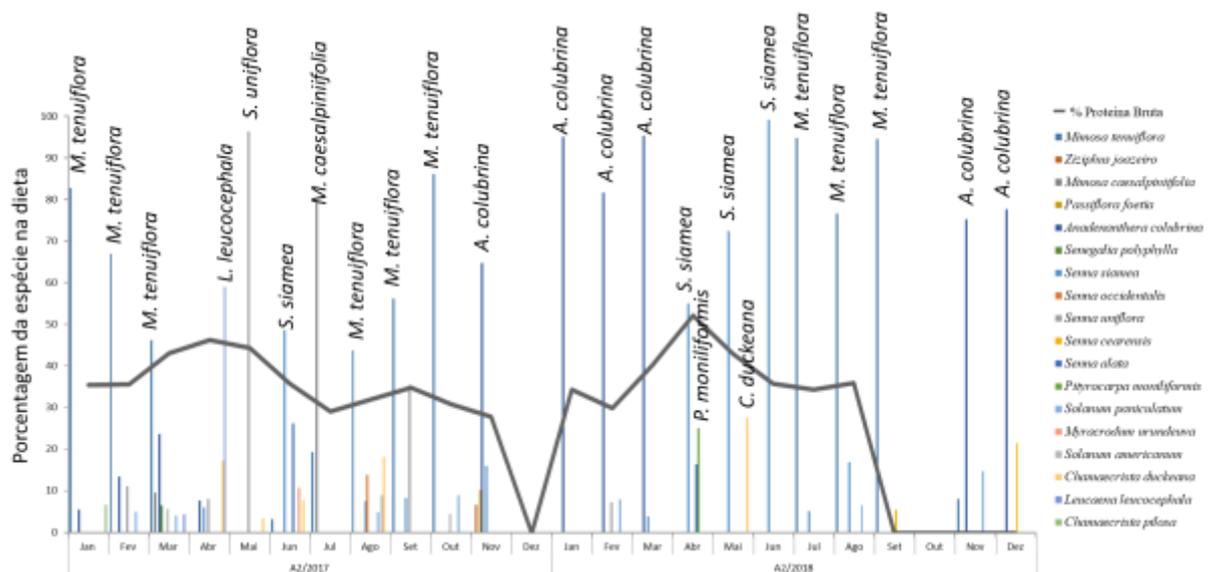


Gráfico 16 – Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga com baixo grau de antropização (A2) ao longo dos anos de 2017 e 2018.

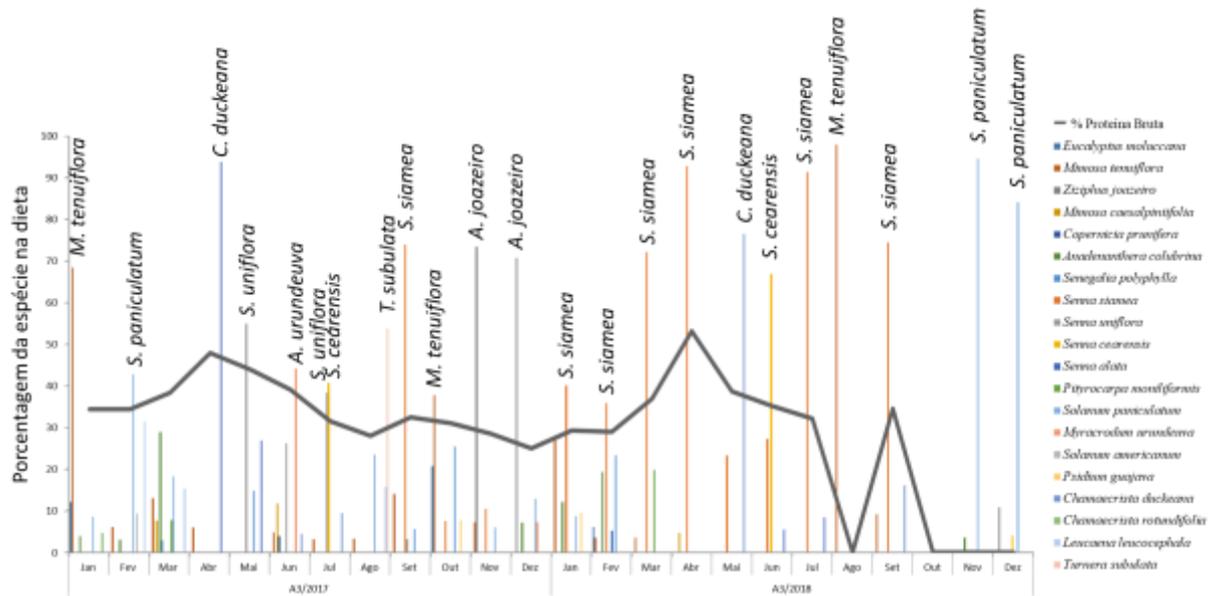


Gráfico 17 – Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga com alto grau de antropização (A3) ao longo dos anos de 2017 e 2018.

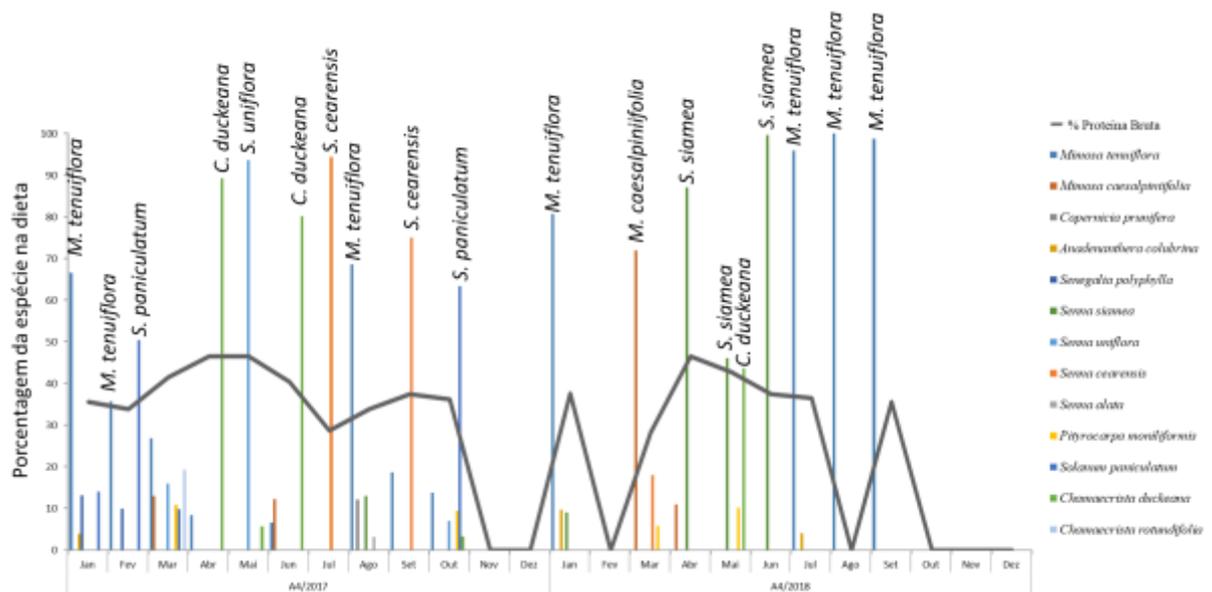


Gráfico 18 – Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga com moderado grau de antropização (A4) ao longo dos anos de 2017 e 2018.

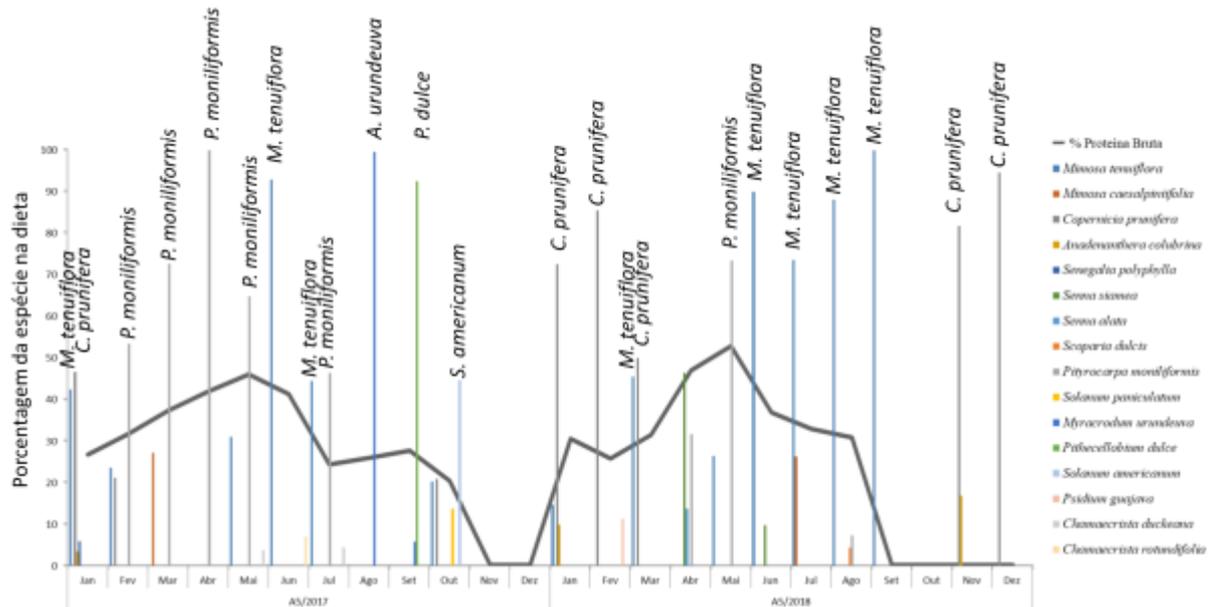


Gráfico 19 – Variação dos teores de proteína bruta e principais tipos polínicos no pólen de colônias de *Melipona subnitida* criadas em área de Caatinga preservada e de altitude superior a 600m (A5) ao longo dos anos de 2017 e 2018.

5 DISCUSSÃO

5.1 Desenvolvimento das colônias

Apesar de não formarem colônias tão populosas, com geralmente algumas centenas de abelhas (IMPERATRIZ-FONSECA; KOEDAM; HRNCIR, 2017), um ninho de *Melipona subnitida* pode chegar a ter mais de 2.200 indivíduos, entre adultos e cria (DANTAS, 2016). O número de discos de cria em colônias de *M. subnitida* encontrado foi semelhante ao encontrado em outras espécies do mesmo gênero (SOUZA, 2003; ALMENDRA, 2007; OLIVEIRA et al., 2015). Esse é um indicativo do tamanho da população da colônia, sendo o número de abelhas adultas cerca de metade no número de células de cria (IHERING, 1932).

O tamanho dessa população é influenciado significativamente pela quantidade de alimento estocado (MOO-VALLE et al., 2001; DI-PASQUALE et al., 2013; MAIA-SILVA et al., 2016), que, por sua vez, é também influenciada por parâmetros climáticos e pela disponibilidade de recursos na área (MAIA-SILVA et al., 2020), além de fatores genéticos da colônia (PAGE; FONDRK, 1995; FEWELL; BERTRAM, 2002; BASUALDO et al., 2007; GORAN et al., 2012; MAUCOURT et al., 2020).

Assim, a depender de fatores ambientais, as abelhas podem entrar em estivação, que é representada nesse grupo principalmente pela cessação da postura pela rainha. Nas colônias observadas ao longo deste experimento, esse evento foi verificado 13 vezes, sempre durante o período seco do ano e nos meses com menores acumulados de pólen nas colônias. Esse processo faz parte da estratégia das colônias para o enfrentamento do período de escassez (HRNCIR et al., 2019). Por haver pouca disponibilidade de recursos no campo e o estoque de pólen estar baixo, essas abelhas ajustam o tamanho da população (diminuem ou param a postura) para melhor lidar com a escassez de alimento (MAIA-SILVA et al., 2015).

Além da escassez de alimentos, as colônias também precisam estar aptas e fortes o suficiente para lidarem com os inimigos naturais que ocorram na área. Um dos grupos que ganha destaque é o dos forídeos, sendo a espécie mais importante a *Pseudohypocera kerteszi*. Nessa espécie apenas as fêmeas invadem as colônias de meliponíneos, quando depositam seus ovos nos potes de pólen e, ao tornarem-se larvas, alimentam-se deste alimento altamente proteico (ROBROEK et al., 2003). *Pseudohypocera kerteszi* ocorre do México ao sul do Brasil (GBIF, 2021) e são abundantes principalmente na estação chuvosa ou em ambientes úmidos (PERUQUETTI et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2013). A presença desses forídeos foi detectada em áreas com moderado e alto grau de antropização e logo após o pico anual de precipitações, quando havia maior umidade relativa do ar nos meliponários e no interior das colônias. Assim, a época mais úmida do ano torna-se um período de alerta para criadores,

devido às infestações de *P. kerteszi*. Para conter a infestação é indicado o uso de armadilhas de vinagre (OLIVEIRA et al., 2013). Já em relação aos ataques de formigas e saques, estes ocorreram em colônias fracas e geralmente no período de escassez de alimento.

A diferença nos parâmetros de desenvolvimento de colônias (número de discos, de potes de pólen e de potes de mel) encontrada nesta pesquisa é melhor explicada pelos efeitos climáticos do que pelo grau de antropização das áreas. Isso ocorre devido a diversos ajustes que os meliponíneos podem fazer de acordo com as necessidades da colônia e a disponibilidade de recursos no ambiente para melhor suprir as exigências do grupo. Entre esses ajustes, um importante fator é a utilização de espécies mais vantajosas como fontes de recursos tróficos (HRNCIR, 2019). Nesse grupo destacam-se as espécies que apresentam florada massal (grande oferta de pólen em um período geralmente curto) e aquelas com anteras poricidas, nas quais o pólen apresenta alto teor proteico (MAIA-SILVA, 2015). Entretanto, a diferença nos parâmetros climáticos das áreas se deu provavelmente pela localização e uso das terras. Assim, o grau de antropização acaba influenciando parâmetros como temperatura, umidade e radiação solar do ambiente (GUSMÃO, 2011; CALGARO et al., 2015; LIMA, 2020). A redução do estrato arbóreo é um dos principais fatores antrópicos que levam ao aumento da temperatura ambiente. Além disso, fatores como uso do solo e áreas construídas também podem afetar na elevação da temperatura (FRUTEIRA et al., 2018).

A temperatura é um fator limitante na janela de forrageamento das espécies de meliponíneos (CONTRERA; NIEH, 2007; JAAPAR et al., 2018; SOUZA-JUNIOR et al., 2020). Temperaturas elevadas (acima de 36° C) podem superaquecer o corpo da *M. subnitida* em voo (SOUZA-JUNIOR et al., 2020), bem como, climas mais amenos podem levar a abelha à necessidade de maior gasto energético com aquecimento do corpo para o procedimento do forrageio (CONTRERA; NIEH, 2007).

A *M. subnitida* é reconhecida por ser uma espécie de ocorrência em áreas de elevadas

temperaturas e extensos períodos secos (IMPERATRIZ-FONSECA; KOEDAM, HRNCIR, 2017). Portanto, uma diminuição na temperatura média e mínima, além de aumento na umidade, como ocorrido na área 5, pode distanciar essa abelha da sua zona de conforto térmico, fazendo com que as colônias tenham que dispendir mais energia para manter a temperatura ideal dentro da colmeia, principalmente na área de cria (JONES; OLDROYD, 2007). Além disso, as características climáticas e de solo, entre outras, podem levar a consideráveis diferenças na flora da área (BISPO et al., 2010). Essas diferenças podem afetar significativamente o desempenho de colônias de *M. subnitida*, bem adaptadas a áreas de Caatinga.

No extremo oposto temos altas temperaturas ambiente, principalmente nas áreas 1 e 3. Nessas condições, a janela de forrageamento será limitada pelo calor excessivo ($> 36^{\circ} \text{C}$), prejudicando não apenas o período em que a abelha sai para forragear, mas também o tempo dispendido na coleta de recursos (MAIA-SILVA et al., 2021). Além disso, o aumento na temperatura interna da colmeia pode afetar de forma importante o desenvolvimento das crias, que são as mais sensíveis às variações nos parâmetros climáticos do interior do ninho (JONES; OLDROYD, 2007; VOLLET-NETO et al., 2015). Esses danos vão desde modificações comportamentais até morfológicas (MARCÍAS-MARCÍAS et al., 2011; VOLLET-NETO et al., 2015; IMPERATRIZ-FONSECA, KOEDAM, HRNCIR, 2017).

Como o ajuste de temperatura da área de cria feito pelas colônias foi de apenas $1,9^{\circ} \text{C}$, em média em relação à temperatura do meliponário, temperaturas ambientes iguais ou superiores a 38°C já podem influenciar nas taxas de sobrevivência da cria. Dessa forma, há também prejuízo no desempenho de operárias adultas (MAIA-SILVA et al., 2020; SOUZA-JUNIOR et al., 2020).

A umidade também se mostrou um fator climático importante no desenvolvimento de colônias de *M. subnitida* influenciando, tanto o número de discos, quanto o acúmulo de pólen

realizado pela colônia. Esse fator está altamente atrelado aos índices pluviométricos da área, que afeta a disponibilidade de alimento para as abelhas, bem como, a janela de forrageamento das operárias (QUIRINO; MACHADO, 2014; QUEIROZ et al., 2017; LAWSON; RANDS, 2019). No ano de 2018 o maior volume de chuvas pode ter alterado o padrão de floração de espécies importantes para as abelhas, além de dificultar o acesso aos recursos disponibilizados pelas plantas. Do mesmo modo, as chuvas podem danificar o pólen e diluir o néctar (LAWSON; RANDS, 2019).

A quantidade de cria esteve associada também ao estoque de alimentos da colônia, sendo o pólen o recurso mais importante dessa relação. Nas áreas em que houve maior volume de pólen coletado por mês, houve também mais discos de cria. O pólen é a principal fonte protéica e lipídica da dieta das abelhas, sendo essencial para crias e abelhas jovens desenvolverem-se adequadamente e a qualidade desse recurso pode afetar diretamente a saúde desses indivíduos (DI-PASQUALE et al., 2013; SCHMEHL et al., 2014; DI-PASQUALE et al., 2016; GROZINGER; ZAYED, 2020). Além de estar relacionado à quantidade de cria, o estoque de pólen também influencia a maturação comportamental dos indivíduos da colônia, levando a massivas mudanças na expressão gênica (SCHULZ et al., 1998; AMENT et al., 2010), no tamanho corporal de machos, bem como, na produção espermática e no tempo para atingir a maturidade sexual (PECH-MAY et al., 2012).

Já o mel é a mais relevante fonte energética das abelhas. Utilizado na alimentação de crias e sendo o principal alimento de abelhas adultas, ele é composto não só de carboidratos, mas também de proteínas, de compostos aromáticos, de minerais e de vitaminas (WANG; LI, 2011). Em ambos os anos, as áreas com maior acúmulo de mel foram as áreas preservadas (áreas 1 e 5) e aquela com maior grau de antropização (área 3). Esse resultado indica que, tanto a abundância de flora nativa, quanto de áreas cultivadas com espécies de alta oferta de néctar podem levar a alta produtividade de mel das colônias.

Na área com maior grau de antropização, apesar da temperatura ser superior a 36° C com maior frequência, a temperatura das colônias raramente ultrapassou esse valor, ou seja, as abelhas passaram pouco tempo fora da zona de conforto térmico da espécie (MAIA-SILVA et al., 2021; SOUZA-JUNIOR et al., 2020). A estratégia de sair apenas nos horários menos quentes do dia também ajuda esta espécie, altamente adaptada ao clima árido da Caatinga, a evitar o superaquecimento das operárias na coleta de recursos (HRNCIR et al., 2019). Isso mostra a importância de instalações bem planejadas e executadas, levando em consideração as necessidades e preferências da espécie criada e as condições climáticas da área. Como vimos, apesar das colônias da área 3 estarem nas mais extremas condições climáticas, dentre as colônias estudadas, tiveram um bom desempenho no que tange aos marcadores de desenvolvimento de colônias.

Ao longo do ano, os meses de março a junho destacaram-se como o período com maiores populações nas colônias de *M. subnitida*, avaliadas aqui pelo número de crias. Essa maior produção de crias está relacionada com o pico de coleta de pólen, que vai de abril a junho. Essa espécie acumula grande reserva de pólen durante os períodos de abundância de recursos a fim de utilizá-la nos períodos de escassez (MAIA-SILVA et al., 2018; HRNCIR et al., 2019). As reservas de pólen seguem altas até setembro, quando, por conta da baixa disponibilidade de alimento no campo e condições climáticas extremas, os estoques passam a ser consumidos em maior escala. Assim, o último trimestre do ano torna-se o período crítico para a *M. subnitida*, com menor quantidade de pólen novo chegando à colônia e estoques mínimos.

A produção de mel apresentou dois picos anuais: março e novembro/dezembro. Isso reflete o uso das plantas de floração, tanto do período chuvoso, quanto do seco para a produção de mel por essa abelha. A Jandaíra é reconhecida por ser a espécie de meliponíneo mais criada na Caatinga para produção de mel. Mesmo com baixa produção por colônia/ano,

entre 400 ml e um litro (KOFFLER et al., 2015), elas ganham destaque por conseguirem se manter bem em um clima tão adverso. Durante o período de entressafra, plantas como a *Mimosa tenuiflora* (Jurema-preta), *Prosopis juliflora* (Algaroba) e *Pityrocarpa moniliformis* (Catanduva) desempenham papel importante na produção de mel por essa espécie de abelha (SILVA et al., 2013; MAIA-SILVA et al., 2020).

A diferença ao longo do ano verificada para os parâmetros de desenvolvimento das colônias é explicada pela relação desses com os parâmetros climáticos. Variações na temperatura e umidade ao longo do ano no bioma Caatinga são amplamente conhecidas. O período chuvoso, com maior umidade relativa e menor temperatura média, geralmente vai de janeiro à abril nessas áreas semiáridas (IPECE, 2018; FUNCEME, 2020; INMET, 2021). Maio, junho e julho podem ser considerados meses de transição, com redução no volume de chuvas (FUNCEME, 2020). A partir de junho as temperaturas voltam a subir e, em agosto, já cessam as precipitações em quase todo o estado (FUNCEME, 2020), levando a uma queda na umidade relativa do ar. Esse padrão também foi observado ao longo dos dois anos de estudo. A temperatura do interior das colônias seguiu a tendência da temperatura ambiente, estando geralmente um pouco abaixo da temperatura registrada para o criatório.

Com o aumento da temperatura e a diminuição da precipitação pluviométrica há uma diminuição no acúmulo de mel nas colônias, sendo a alimentação artificial um fator importante em períodos de escassez para garantir colônias produtivas (KOFFLER et al., 2015). Dessa forma, as colônias conseguem manter populações maiores, com consequente maior força de trabalho desde o início do período de safra.

Já com o aumento na umidade relativa do ar e a diminuição da temperatura média, causados pelas precipitações do início do período chuvoso, as colônias retomam o crescimento das áreas de cria. Assim, com uma população maior e grande oferta de recursos no campo, já que na Caatinga a maioria das espécies de planta floram durante o período

chuvoso (ARAÚJO 2007; QUEIROZ et al., 2017), há um aumento na quantidade de pólen estocado. Esse aumento no estoque de pólen serve como estímulo para seguir o crescimento da área de cria, até que por volta do mês de junho, quando diminuem as precipitações e consequentemente a umidade relativa do ar, além do aumento das temperaturas, há o início da diminuição da população das colônias. Com menos pólen novo chegando para ser estocado, as reservas começam a ser utilizadas e isso serve como mais um estímulo para que haja a diminuição da população da colônia, de acordo com o esquema da figura 14.

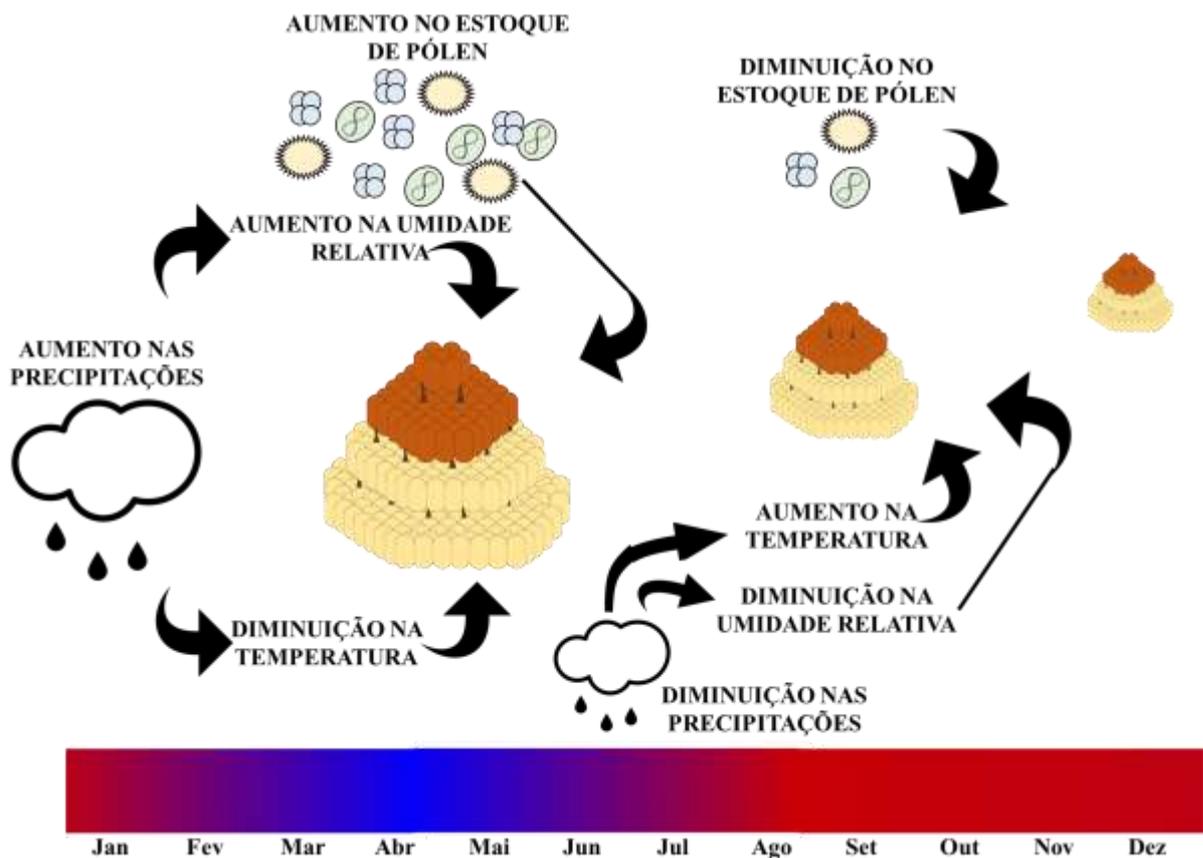


Figura 14 – Fatores correlacionados à variação na população de colônias de *Melipona subnitida* ao longo do ano.

Frente a essas condições extremas, *M. subnitida* tem, segundo HRNCIR et al. (2019), uma série de estratégias para melhor se manter no ambiente semiárido: (1) evitam forragear

nos horários mais quentes do dia; (2) selecionam alimentos mais proveitosos para a situação da colônia; (3) reagem rapidamente às mudanças ambientais; e (4) são capazes de regular a produção de cria pela oferta de pólen e outros gatilhos ambientais. O presente trabalho confirma tais estratégias, desde a estivação apresentada em várias das colônias estudadas durante o período mais escasso do ano, até o uso diversificado das espécies vegetais das áreas estudadas.

5.2 Avaliação qualitativa e quantitativa do pólen de *Melipona subnitida*

O pólen é a principal fonte de proteína, lipídios, vitaminas e minerais da dieta das abelhas (NICOLSON, 2011). Quando armazenado na colônia, não está sozinho, mas misturado à saliva das abelhas e ao néctar, e passará por um típico processo de fermentação (KHALIFA et al., 2019). A coleta de tal recurso trófico dependerá de muitos fatores, sendo o principal deles a sua disponibilidade no ambiente (ALEIXO et al., 2017). Nesse estudo, o maior fluxo de entrada de pólen nas colônias aconteceu no período de maior riqueza de espécies vegetais em floração, que na Caatinga é tipicamente durante o período de chuvas (QUEIROZ et al., 2017). No mês de maio, após o pico de precipitações, estimamos que foram coletados até 34,1 g de pólen por colônia em uma das áreas.

Colônias de *M. subnitida* acumulam grandes reservas de pólen durante os períodos de abundância de recursos a fim de utilizá-los nos períodos de escassez (MAIA-SILVA et al., 2018; HRNCIR et al., 2019). Essa estratégia permite que as colônias passem pelo período de escassez de alimento de forma mais branda quando em situações de área de mata nativa preservada ou com boa quantidade de recursos disponíveis.

Não só a quantidade de recursos coletados e armazenados é importante, mas também a qualidade desse alimento (DI-PASQUALE et al., 2013; DI-PASQUALE et al., 2016). Nesse estudo encontramos que mesmo em áreas com alto grau de antropização a qualidade do pólen armazenado se mantém, o que mostra que, mesmo em áreas com menor abundância e riqueza

de espécies vegetais nativas, a *M. subnitida* consegue selecionar fontes de recurso ricas em proteínas e que atenda as suas necessidades nutricionais adequadamente.

O teor de proteína é um dos principais indicadores da qualidade do pólen, podendo variar de 7 a 63,1% (STANDIFER, 1967; MCCAUGHEY et al., 1980; BONVEHI; JORDÀ, 1997; ROULSTON, 2000; YANG et al., 2013). Esse nutriente afeta diretamente o desenvolvimento da abelha, tanto na fase larval, quanto na adulta, bem como, em relação à imunidade da mesma (HOOVER et al., 2005; ALAUX et al., 2010; BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010; HELM et al., 2017). Ao longo do processo de coleta e armazenamento desse material a qualidade será alterada, como por exemplo os teores de proteína e matéria mineral (ROULSTON et al., 2000; HUMAN; NICOLSON, 2006). Entretanto, a principal fonte de variação para a proteína do pólen é atribuída à origem da planta, característica essa sendo bem conservada entre famílias e gêneros (ROULSTON et al., 2000). O tamanho do grão de pólen também terá influência nos teores de proteína, visto que quanto maior o volume do grão de pólen, maior é a massa de proteína, porém menor é a porcentagem de proteína por grão (ROULSTON et al., 2000). Visto que a qualidade do pólen está fortemente atrelada à origem botânica deste, o pólen coletado pela colônia apresentará variação nos teores de determinados nutrientes ao longo do ano, acompanhando os diferentes períodos de floração das espécies (SANTOS-DE-NOVAES et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2016; NASCIMENTO et al., 2019), como verificado nesta pesquisa. A riqueza de espécies vegetais proporciona além de recursos contínuos, também alimento de alta valor nutricional (TRINKL et al., 2020).

Dentre os parâmetros climáticos que afetam as características do pólen, a precipitação pluviométrica ganha destaque. Isso porque afeta a quantidade e qualidade do pólen, tanto direta, quanto indiretamente (QUIRINO; MACHADO, 2014; QUEIROZ et al., 2017; LAWSON; RANDS, 2019). Com o presente estudo pudemos verificar uma diminuição na matéria seca do pólen precedida de meses com altos valores de precipitação pluviométrica em

três diferentes momentos.

Na Caatinga, o período com maior precipitação pluviométrica equivale a floração de grande parte da flora nativa (ARAUJO 2007; QUEIROZ et al., 2017). Esse período é também o de temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar (IPECE, 2018; FUNCEME, 2020; INMET, 2021). Nesse mesmo intervalo de tempo verificamos os mais altos teores de proteína bruta, a maior quantidade de pólen coletado e estocado, bem como, a maior abundância e riqueza de espécies vegetais em floração. Deste modo acreditamos que as abelhas puderam selecionar as fontes mais interessantes dentre a grande oferta de recurso de alto valor proteico. Essa seleção mais intensa teve como resultado a relação positiva encontrada entre os teores de proteína bruta e a precipitação pluviométrica.

Armazenar grandes quantidades de pólen de alta qualidade garantirá sucesso à colônia, pois assim passará mais forte pelo período de escassez e conseguirá aproveitar de forma ótima o período de abundância de recursos. Esse fato é corroborado pelas respostas encontradas neste estudo para os parâmetros de desenvolvimento das colônias e fatores que os influenciam. Nessas condições, a colônia terá um alto número de indivíduos, que representam força de trabalho para o grupo, desde as primeiras floradas do período produtivo.

Assim, o clima gera impacto direto e indireto no desenvolvimento de colônias de *M. subnitida* (Figura 15). Dentre os impactos diretos, temos a influência da temperatura ambiente na temperatura interna da colônia e como essa afeta o desenvolvimento, principalmente, da área de cria (Figura 15– item 1) (TORRES; HOFFMANN; LAMPRECHT, 2007; VOLLETNETO et al., 2015); o impacto da temperatura ambiente na temperatura corporal da abelha, podendo diminuir a janela de forrageamento de acordo com os limites térmicos da espécie (Figura 15– item 2) (MAIA-SILVA et al., 2021; SOUZA-JUNIOR et al., 2020); e a ação da precipitação pluviométrica na janela de forrageamento, principalmente pelo impacto mecânico das gotas de chuva durante o voo e na temperatura corporal da abelha (Figura 15–

item 4) (LAWSON; RANDS, 2019). Já os principais impactos indiretos são da precipitação pluviométrica na quantidade e qualidade de recursos florais disponíveis (Figura 15– item 6) (LAWSON; RANDS, 2019); e a influência da temperatura (Figura 15– item 3) e da precipitação pluviométrica (Figura 15– item 5) no período de floração das espécies vegetais (CAPOVILLA et al., 2014; MOURA et al., 2020). Além disso, fatores como a demanda da colônia (Figura 15– item 7) e a aptidão de coleta de recursos das operárias (Figura 15– item 8) também tem impacto importante na interação clima-abelha-planta (BIESMEIJER; SLAA, 2004).

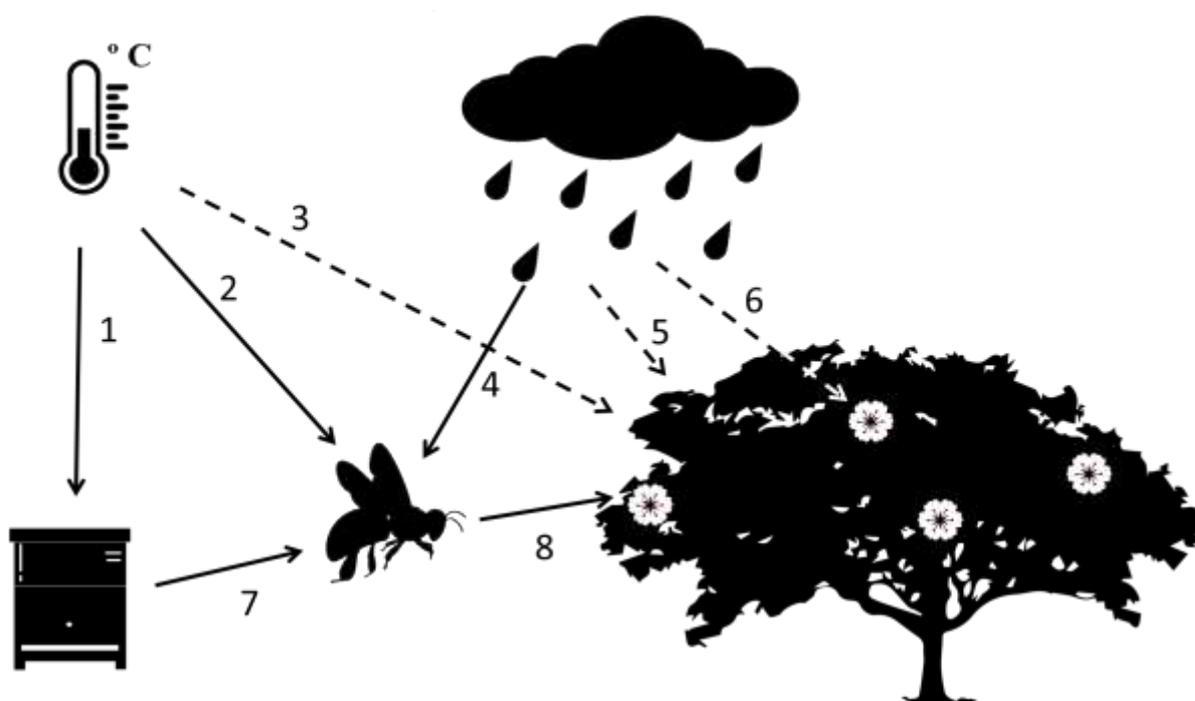


Figura 15 – Relações dos parâmetros climáticos e individuais da colônia na interação clima-abelha-planta. Relações 1: temperatura ambiente – temperatura interna da colônia; 2: temperatura ambiente – temperatura corporal da abelha; 3: temperatura ambiente – período de floração; 4: precipitação pluviométrica – janela de forrageamento; 5: precipitação pluviométrica – período de floração; 6: precipitação pluviométrica – quantidade e qualidade dos recursos florais; 7: demanda da colônia – atividade de forrageamento; e 8: aptidão de coleta da abelha – recursos florais.

Esse conhecimento gera um impacto positivo na meliponicultura, principalmente na nordestina, que tem a *Melipona subnitida* como principal espécie criada racionalmente. Com base nessas informações, seja qual for o perfil do criatório, será possível estabelecer um manejo alimentar e de crescimento de plantel mais adequado para essa espécie respeitando assim, os limites biológicos e os padrões anuais de crescimento das colônias, bem como a utilização dos recursos do ambiente onde essas abelhas estão inseridas.

5.3 Avaliação palinológica do pólen de *Melipona subnitida*

O grupo dos meliponíneos, ao qual a abelha Jandaíra pertence, é considerado generalista na utilização dos recursos tróficos (CANE; SIPES, 2006), visto que utilizam espécies vegetais de diversas famílias. Neste trabalho constatamos 37 espécies pertencentes a 12 famílias distintas, dentre elas, uma que ganha destaque é Fabacea. Ela está entre as três maiores famílias de plantas, com quase 20.000 espécies (LEWIS et al. 2005; LPWG 2017), com grande importância ecológica e econômica. Devido ao grande número de espécies, a diversidade entre estas também é grande. Na dieta de *M. subnitida* foram encontradas 21 espécies dessa família, divididas em nove gêneros.

Os estratos vegetais podem desempenhar papéis diferentes ao longo do ciclo anual de produção das colônias de *M. subnitida*. RAMALHO (2004) já havia encontrado indícios da associação do estrato arbóreo à dieta de meliponíneos, visto que essas espécies vegetais tem maior facilidade de atrair as abelhas por dispor as flores na parte mais exposta das copas.

Na Caatinga, a sazonalidade da vegetação é fortemente associada à precipitação pluviométrica. Em áreas com maior média de precipitação pluviométrica a vegetação é mais resistente durante o período seco. Já nas áreas de baixa precipitação pluviométrica a vegetação é mais sensível ao estresse hídrico (BECERRA et al., 2015). Portanto, a floração de algumas poucas espécies durante o período seco serve como suporte para a manutenção das

colônias de abelhas (QUIRINO; MACHADO, 2014; OLIVEIRA et al., 2016). O que encontramos com o presente estudo foi a utilização de muitas espécies vegetais como fonte de pólen no período seco (de setembro à dezembro), entretanto, a maioria tem uma representatividade baixa na dieta. Assim, os principais tipos polínicos utilizados nesse período de escassez de recursos foram: *Mimosa tenuiflora* (árvore), *Pithecellobium dulce* (árvore), *Senna siamea* (árvore), *Sarcophalus joazeiro* (árvore) e *Solanum paniculatum* (arbusto). Neste caso, apenas uma é de porte arbustivo e nenhuma espécie importante é de porte herbáceo. A presença dessas espécies mostrou-se especialmente importante no ano com déficit de floradas relacionadas ao período chuvoso.

Características das flores e da floração podem também desempenhar importante papel na escolha que os meliponíneos fazem para as fontes principais de recursos tróficos. Algumas características frequentes nas fontes de recursos tróficos encontradas na dieta de *M. subnitida* foram: flores de cor amarela, branca ou creme; unidade de atração em inflorescência; e utilização de espécies que possuem florada massal, como *M. caesalpinifolia*, *M. tenuiflora*, *A. colubrina* e *P. moniliformis*. Essa última característica também já foi mostrada como uma preferência dos meliponíneos (RAMALHO, 2004), já que atrai facilmente as abelhas forrageadoras e fornece grande quantidade de recursos abundantes em nutrientes.

Quando levamos em consideração a estratégia de coleta de recursos do gênero *Melipona* (HRNCIR; MAIA-SILVA, 2019) observamos que os resultados encontrados são condizentes com a busca rápida e com grande mobilização de operárias logo após a descoberta da fonte de recursos. Isso é mostrado pelo grande aproveitamento de espécies de floração massal. Além disso, em muitos casos, ocorreu uma só espécie vegetal nas amostras, indicando um forrageamento concentrado em uma ou poucas fontes de abundantes recursos.

Das espécies utilizadas como fonte de pólen na dieta de *M. subnitida*, *M. tenuiflora* ganha destaque pela frequência nas amostras. Entretanto, devido ao tamanho diminuto desse

tipo polínico, a contribuição desta espécie na dieta em relação ao volume dos grãos é consideravelmente menor. O volume dos grãos vem sendo apontado como um melhor indicador da influência das espécies vegetais na dieta de abelhas (FREITAS, 1991; O'ROURKE; BUCHMANN, 1991; SILVEIRA, 1991; FREITAS, 1994; ELTZ et al., 2001; VILLANUEVA-G; ROUBIK, 2004; ROUBIK; PATIÑO, 2012). O que encontramos é que há grande diferença na classificação de importância dos tipos polínicos da dieta de *M. subnitida* de acordo com a abordagem de investigação (frequência ou volume dos tipos polínicos). De acordo com a frequência dos tipos polínicos na dieta de *M. subnitida* temos *M. tenuiflora* como pólen dominante e *A. colubrina*, *C. duckeana*, *M. caesalpinifolia*, *P. moniliformis* e *S. siamea* como pólenes isolados importantes. Já de acordo com o volume dos grãos nas amostras, não há dominância de espécie alguma entre os tipos polínicos da dieta, mas *S. siamea* destaca-se como pólen acessório e *A. colubrina*, *C. duckeana*, *L. leucocephala*, *M. tenuiflora*, *P. dulce*, *P. moniliformis*, *S. cearensis*, *S. uniflora*, *S. paniculatum* e *T. subulata* como pólenes isolados importantes.

Quando o volume foi levado em consideração, a dieta ficou mais ligada a um maior número de espécies e menos dependente de *M. tenuiflora*. Essa maior variedade de espécies vegetais importantes na dieta de *M. subnitida* é relevante para a manutenção da espécie nas áreas, aumentando, por exemplo, as possibilidades de espécies vegetais utilizadas nos programas de conservação dessa abelha. Porém, outros fatores como a densidade e a digestibilidade dos grãos, além da concentração de nutrientes por tipo polínico também influenciam na qualidade nutricional do pólen (O'ROURKE; BUCHMANN, 1991; FERNANDES-DA-SILVA; SERRÃO, 2000; NICOLSON et al., 2018).

Ao serem agrupadas as áreas, a distribuição dos grupos nos parâmetros de desenvolvimento das colônias foi mais semelhante àquela encontrada para a distribuição dos grupos em relação à utilização dos tipos polínicos em volume do que em frequência. Neste

caso, a área preservada 1 e a área mais antropizada (área 3) foram as que compartilham mais semelhanças. As colônias da área preservada utilizaram muitas espécies nativas, das quais oito foram mais importantes (*C. duckeana*, *C. rotundifolia*, *M. caesalpiniiifolia*, *M. tenuiflora*, *S. siamea*, *S. uniflora*, *S. dulcis* e *T. subulata*). Já as colônias da área 3, com maior grau de antropização, além de utilizarem muitas espécies nativas (*A. colubrina*, *C. duckeana*, *M. caesalpiniiifolia*, *M. tenuiflora*, *S. cearensis*, *S. siamea*, *S. uniflora*, *Z. joazeiro*, *S. paniculatum* e *T. subulata*), também incluíram de forma importante na dieta o pólen de espécies cultivadas (*L. leucocephala* e *P. guajava*, além de *E. moluccana* que teve importante participação em alguns meses), o que ajudou no desenvolvimento dessas colônias ao longo dos dois anos. A área 5, preservada porém com o dobro da altitude das demais áreas, foi a mais distante nos agrupamentos para todos os parâmetros avaliados. A diferença no clima e na flora da área foi, provavelmente, um fator decisivo na diferenciação de desenvolvimento e dieta das colônias de *M. subnitida*.

O número de espécies utilizadas, em média por colônia, também variou ao longo do ano, sendo o início do período chuvoso (jan-fev) e o período de transição (jun-ago) os meses com maior número de espécies incluídas na dieta das abelhas. Isto é compreensível haja vista que coincide com o final do florescimento das espécies do período chuvoso (jun-ago) ou do período seco (jan-fev) sem que tenha iniciado ainda o florescimento das espécies do período seguinte, forçando as abelhas a buscarem alimento onde ainda encontram, ao invés de escolher as floradas preferidas. De fato, embora na Caatinga o período chuvoso seja o momento com maior abundância de espécies vegetais em floração, abrindo grande leque de opções de fontes de recursos tróficos para os meliponíneos, o mês com maior número de espécies utilizadas no somatório de todas as colônias foi agosto, final do período de transição.

Dentre as espécies utilizadas, *C. duckeana* ganha destaque nos meses de maiores teores proteicos no pólen. Esta espécie, conhecida como palma-do-campo, foi importante em

todas as áreas e pode ser utilizada dentro de planejamentos estratégicos para aumentar a produtividade das colônias. As espécies nativas *M. tenuiflora*, *A. colubrina*, *Z. joazeiro*, *S. siamea*, *S. uniflora*, *S. cearensis*, *S. paniculatum* e *C. prunifera* tiveram importante contribuição na dieta de *M. subnitida* no período seco, sendo assim boas opções para conservação ou enriquecimento de áreas de criação desta abelha a fim de melhor manter a população no período de escassez de recursos florais.

A utilização de estratégias para melhor aproveitamento de recursos tróficos ficou clara com os dados obtidos nesse estudo. Ao final do período seco (dezembro) as colônias já estão com baixa população, alimento de menor teor proteico e baixos estoques de recursos tróficos. Com as primeiras chuvas do ano, inicia-se a temporada de grande riqueza e abundância de recursos tróficos. Então, as abelhas começaram a incluir cada vez mais espécies vegetais em sua dieta, até o pico de espécies utilizadas por colônia, que acontece em fevereiro. A partir de março o número de espécies começa a diminuir, porém os teores de proteína bruta do pólen seguem aumentando até abril, quando atinge o pico. Isso sugere uma possível seleção das fontes de recursos para proteína, que é um dos mais importantes nutrientes da dieta das abelhas. No mês de abril, os tipos polínicos com maiores graus de importância foram *C. duckeana*, *L. leucocephala*, *P. moniliformis* e *S. siamea*, estando a primeira na maioria das amostras. Após o pico de concentração proteica houve, no mês seguinte, o pico de postura das rainhas e maior acúmulo de potes de pólen. Como os teores de proteína seguiram caindo (junho), as abelhas *M. subnitida* tentaram compensar essa diminuição do valor proteico da dieta aumentando o número de espécies que a compõe. Entretanto, a partir do período de transição o número de espécies com floradas disponíveis diminui. É a partir desse momento que a situação climática volta a ficar mais desafiadora, tendo como resultado cada vez menos espécies em floração, estoques de alimento sendo consumidos e postura diminuta ou, muitas vezes, até mesmo a suspensão desta por algumas semanas. Nesse momento é que as

estratégias de escolha, coleta e armazenamento de pólen durante o período de abundância mostram-se importantes, tanto do ponto de vista quantitativo, ou seja, para complementar a baixa entrada do recurso nessa época de escassez no campo, quanto também do lado qualitativo, uma vez que o pólen coletado e armazenado no período de fartura se mostra com teores mais altos de proteína do que aquele do período de baixa oferta do ano. Assim, ao misturar pólen de alto teor proteico armazenado com aquele de menor teor protéico coletado na época de poucas flores, *M. subnitida* consegue não só a quantidade como a qualidade necessária na dieta para manter a colônia. Dessa forma, as colônias seguem até que apareçam mais espécies em floração, os teores de proteína da dieta voltem a aumentar e esse gatilho nutricional proporcione novamente o aumento da população e a maior mobilização desta para a coleta de recursos que manterá a colônia durante o próximo período de escassez de recursos.

6 CONCLUSÕES

- 1- Colônias de *M. subnitida* criadas em área de Caatinga apresentam uma variação nos parâmetros de tamanho de população e na produtividade, ao longo do ano. Sendo o período chuvoso o pico de ambos, com as reservas de pólen (quantidade e qualidade) desempenhando um papel importante para o balanço nutricional e manutenção das colônias na época de escassez, bem como servindo de gatilho para o investimento das mesmas em população para melhor aproveitamento das floradas.
- 2- O impacto negativo do grau de antropização das áreas de caatinga sobre o desenvolvimento das colônias (tamanho da população e estoque de alimentos) e a qualidade do alimento estocado (teores de matéria seca, matéria mineral e proteína) de *M. subnitida* pode ser minimizado desde que haja fontes de recursos tróficos satisfatórios disponíveis, pois essa abelha lança mão de estratégias seletivas para utilizar os recursos mais favoráveis no ambiente, mesmo que isso não inclua abundância em espécies nativas.
- 3- Os teores de proteína do pólen armazenado pela abelha *M. subnitida* variam ao longo do ano, tendo maiores valores no período equivalente ao maior tamanho da população das colônias e maior oferta de recursos alimentares no campo. Isso mostra a capacidade que essas abelhas têm de selecionar as fontes de pólen de acordo com a qualidade do recurso, quando em situações de abundância. Elas buscam, não apenas plantas que sejam abundantes na oferta de pólen, mas também aquelas cujo pólen tenha alto valor proteico.
- 4- A dieta de *M. subnitida*, tomando por base o volume dos grãos, em detrimento da frequência destes, é fortemente ligada a um maior número de espécies vegetais, demonstrando a necessidade de uma flora melipônica diversa na área de

fORAGEIO das abelhas, independentemente desta ser uma caatinga conservada ou com algum grau de antropização.

- 5- Estratégias de escolha, coleta e armazenamento de recursos tróficos eficientes explicam a grande resiliência de *M. subnitida* que consegue sobreviver e até apresentar colônias produtivas e populosas nas difíceis condições da caatinga, persistindo mesmo em áreas com maior grau de antropização. Essas estratégias são afetadas por parâmetros climáticos e da flora que interferem de forma significativa no desempenho e produtividade das colônias, e potenciais alterações desses padrões devem ser levados em consideração nos esforços de criação e conservação de *M. subnitida*.

REFERÊNCIAS

- ABELHA. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas. **Sistema de informação científica sobre abelhas neotropicais**. São Paulo, 2021. Disponível em: <http://abelha.cria.org.br/list>. Acesso em: 30 abr. 2021.
- AGUILAR, I.; HERRERA, E.; ZAMORA, G. Stingless Bees of Costa Rica. *In*: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Honey**. Springer, New York, NY, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-4960-7_7
- ALAUX, C.; DUCLOZ, F.; CRAUSER, D.; LE CONTE, Y. Diet effects on honeybee immunocompetence. **Biology Letters**, [S.I.], v. 6, n. 4, p. 562–565, 2010. DOI:10.1098/rsbl.2009.0986
- 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
- ALMENDRA, E. C. A. **Caracterização de ninho e proposta de colmeia racional de abelha tíuba (*Melipona compressipes*)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2006. 53 p.
- AMENT, S. A.; WANG, Y.; ROBINSON, G. E. Nutritional regulation of division of labor in honey bees: toward a systems biology perspective. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Systems Biology and Medicine**, [S.I.], v. 2, n. 5, p. 566–576, 2010. DOI:10.1002/wsbm.73
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 15. ed. V. I. AOAC, Arlington, 1990.
- ARAÚJO EL, CASTRO CCC, ALBUQUERQUE UP Dynamics of Brazilian Caatinga – a review concerning the plants, environment and people. **Funct Ecosyst Commun**, [S.I.]v. 1, p. 15–28, 2007.
- ARNAN, X.; ARCOVERDE, G. B.; PIE, M. R.; RIBEIRO-NETO, J. D.; LEAL, I. R. Increased anthropogenic disturbance and aridity reduce phylogenetic and functional diversity of ants communities in Caatinga dry forest. **Science of The Total Environment**, [S.I.], v. 631/632, p. 429-438, 2018. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.03.037
- ASCHER, J. S.; PICKERING, J. **Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila)**, [S.I.], 2020. Disponível em: http://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species. Acesso em: 30 abr 2021.
- BARBIÉRI, C. **Caracterização da meliponicultura e do perfil do meliponicultor no Estado de São Paulo: ameaças e estratégias de conservação de abelhas sem ferrão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- BASUALDO, M.; RODRÍGUEZ, E. M.; BEDASCARRASBURE, E.; JONG, D. Selection and estimation of the heritability of sunflower (*Helianthus annuus*) pollen collection behavior

in *Apis mellifera* colonies. **Genetics and Molecular Research**, [S.I.] v. 6, n. 2, p. 374-381, 2007.

BECERRA, J. A. B.; CARVALHO, S.; OMETTO, J. P. H. B. Relação das sazonalidades da precipitação e da vegetação no bioma Caatinga: abordagem multitemporal. **Anais... XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa – PB, 2015.

BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMULLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J.; KUNIN, W. E. Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. **Science**, [S.I.], v. 313, n. 5785, p. 351–354, 2006.
DOI:10.1126/science.1127863

BIESMEIJER, J. C.; SLAA, E. J. Information flow and organization of stingless bee foraging. **Apidologie**, [S.I.], v. 35, n. 2, p. 143–157, 2004. DOI:10.1051/apido:2004003

BISPO, P. C.; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Relação da vegetação de caatinga com a condição geomorfométrica local. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.I.], v.14, n.5, p.523-530, 2010.

BOMFIM, I. G. A.; BEZERRA, A. D. M.; NUNES, A. C.; ARAGÃO, F. A. S.; FREITAS, B. M. Adaptive and foraging behavior of two stingless bee species (Apidae:Meliponini) in greenhouse mini watermelon pollination. **Sociobiology**, [S.I.], v. 61, n. 4, p. 502-509, 2014.

BONVEHI, J. S.; JORDÀ, R. E. Nutrient Composition and Microbiological Quality of Honey bee-Collected Pollen in Spain. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, [S.I.], v. 45, p. 725-732, 1997.

BORGES, C. K.; SANTOS, C. A. C.; CARNEIRO, R. G.; SILVA, L. L.; OLIVEIRA, G.; MARIANO, D.; SILVA, M. T.; SILVA, B. B.; BEZERRA, B. G.; PEREZ-MARIN, A. M.; MEDEIROS, S. S. Seasonal variation of surface radiation and energy balances over two contrasting areas of the seasonally dry tropical forest (Caatinga) in the Brazilian semi-arid. **Environmental Monitoring and Assessment**, [S.I.], v. 192, n. 524, 2020.
DOI:10.1007/s10661-020-08484-y

BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, [S.I.], v. 41, n. 3, 278–294, 2010. DOI:10.1051/apido/2010012

BROWN, J. C.; OLIVEIRA, M. L. The impact of agricultural colonization and deforestation on stingless bee (Apidae: Meliponini) composition and richness in Rondônia, Brazil. **Apidologie**, [S.I.], v. 45, p. 172-188, 2014.

BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDINA, E. **Seasonally dry tropical forests**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1995.

BURIL, M. T.; ALVES, M.; SANTOS, F. A. R. Tipificação polínica em Leguminosae de uma área prioritária para preservação da Caatinga: Caesalpinioideae e Papilionoideae. **Acta Brasilica**, [S.I.], v. 25, n. 3, p. 699-712, 2011.

BUSTAMANTE, M. M. C.; METZGER, J. P.; SCARIOT, A. O.; BAGER, A.; TURRA, A.

BARBIERI, A.; NEVES, A.; BOESING, A. L.; AGOSTINHO, A. A.; MARQUES, A. C.; DIAS, B.; GRELE, C. E. V.; CAIXETA, D.; SAWYER, D.; SCARANO, F.; SOUSA, F. D. R.; FERNANDES, G. W.; QUEIROZ, H.; MIRANDA, H. S.; SCHONGART, J.; QUINTÃO, J. M. B.; MARTINELLI, L. A.; GOMES, L. C.; CUNHA, M. C. da; PIEDADE, M. T. F.; SATO, M. N.; VALE, M. M.; AQUINO, M. F. S. de; VOGT, N.; MAY, P.; FEARNSSIDE, P. PRADO, R. B.; RODRIGUES, R. R.; THOMAZ, S. M.; PIVELLO, V. R.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L.; FARJALLA, V. F.; Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. In: JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; SEIXAS, C. S.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; PIRES, A. P. F.; CASTRO, P. F. D.; GADDA, T.; TOLEDO, P. (Ed.). **Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos**. 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. cap. 3, p. 93-213.

CALGARO, H. F.; BUZZETTI, S.; SILVA, L. R.; STEFANINI, L.; MIRANDA, L. P. M.; MORAES, M. A.; MORAES, M. L. T. Distribuição natural de espécies arbóreas em áreas com diferentes níveis de antropização e relação com os atributos químicos do solo. **Revista Árvore**, [S.I.], v. 39, n. 2, p. 233-243, 2015. DOI: 10.1590/0100-67622015000200003.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier, 1836. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Org.). **Catalogue of bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, p.272 – 578, 2007.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini, Lepeletier, 1836. In: Moure, J. S., Urban, D.; Melo, G. A. R. (Orgs). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region** - online version, 2013. Disponível em: <http://www.moure.cria.org.br/catalogue>. Acesso em: 14 jan 2016.

CAMARGO, J.M.F.; POSEY, D. A. O Conhecimento dos Kayapó Sobre as Abelhas Sociais Sem Ferrão (Meliponinae, Apidae, Hymenoptera): Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, **Zoologia**, [S.I.], v. 6, n. 1, p. 17-42, 1990.

CANE JH, SIPES S. Characterizing floral specialization by bees: analytical methods e-revised lexicon for oligolecty. In: WASER, N. M.; OLLERTON, J. (eds.) **Plant-pollination interactions: from specialization to generalization**. Chicago, The University of Chicago Press, p. 99-121, 2006.

CAPOVILLA, G., SCHMID, M., & POSE, D. Control of flowering by ambient temperature. **Journal of Experimental Botany**, [S.I.], v. 66, n. 1, p. 59–69, 2014. DOI:10.1093/jxb/eru416

CAPPAS-E-SOUZA, J.P. **Os Maias e a Meliponicultura**. Apicultor, Lisboa, v. 3, n. 9, p. 15-17, 1995.

CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O.; SOUZA, B. A. **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos**. Cruz das Almas, BA, 2003. 42 p.

CARVALHO, R. M. A.; MARTINS, C. F. “É uma abelha sagrada”: dimensão simbólica da criação de abelhas sem ferrão em comunidades quilombolas da zona da mata sil paraibana. **Gaia Scientia, Edição especial Populações Tradicionais**, [S.I.], p. 15-27, 2014.

CARVALHO, R.M.A.; MARTINS, C.F.; MOURÃO, J.D.S. Meliponiculture in Quilombola communities of Ipiranga and Gurugi, Paraíba state, Brazil: an ethnoecological approach. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [S.I.], v. 10, n. 3, 2014. DOI:10.1186/1746-4269-10-3

CARVALHO, R.M.A.; MARTINS, C.F.; NÓBREGA ALVES, R.R.; ALVES, A. G. C. Do emotions influence the motivations and preferences of keepers of stingless bees?. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, [S.I.], v. 14, n. 47, 2018. DOI:10.1186/s13002-018-0246-3

CARVALHO-ZILSE, G.; VILAS-BOAS, H.; COSTA, K.; NUNES-SILVA, C.; SOUZA, M.; FERNANDES, R. **Meliponicultura na Amazônia**: FINEP/INPA, 52 p., 2012.

CAVALCANTE, D. G.; MATOS, L. L.; PINHEIRO, E.S. Meliponicultura como fator de permanência do homem nas zonas de várzea do município de Boa Vista do Ramos/AM. **XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária**. São Paulo, p. 1-12, 2009.

CHUTTONG, B.; CHANBANG, Y.; BURGETT, M. Meliponiculture. **Bee World**, [S.I.], v. 91, n. 2, p. 41-45, 2014. DOI: 10.1080/0005772X.2014.11417595

CONTRERA, F. A. L.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C. New horizon on stingless beekeeping (Apidae, Meliponini). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [S.I.], v. 40, p. 48-51, 2011.

CONTRERA, F.A.L.; NIEH, J.C. The effect of ambient temperature on forager sound production and thoracic temperature in the stingless bee, *Melipona panamica*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S.I.], v. 61, p. 887–897, 2007. DOI:10.1007/s00265-006-0317-7

CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D.; DOLLIN, A.; HEARD, T.; AGUILAR, I.; VENTURIERI, G. C.; EARDLEY, C.; NOGUEIRA-NETO, P. Global meliponiculture: challenges and opportunities. **Apidologie**, Versailles, v. 37, n. 2, 2006.

CRAILSHEIM, K. The protein balance of the honey bee worker. **Apidologie**, Avignon, v. 21, 1990.

CRANE, E. The past and the presente status of beekeeping with stingless bee. **Bee World**, [S.I.], v. 73, n. 1, 1992.

CRUZ, D. DE O., FREITAS, B. M., SILVA, L. A. DA, SILVA, E. M. S. DA, & BOMFIM, I. G. A. Pollination efficiency of the stingless bee *Melipona subnitida* on greenhouse sweet pepper. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1197–1201, 2005. DOI:10.1590/s0100-204x2005001200006

CRUZ, D.O.; JORGE, D.M.; PEREIRA, J.O.P. ; TORRES, D.C.; SOARES, C.E.A.; FREITAS, B.M.; GRANGEIRO, T.B. Intraspecific variation in the first internal transcribed spacer (ITS1) of the nuclear ribosomal DNA in *Meliponasubnitida* (Hymenoptera, Apidae), an endemic stingless bee from northeastern Brazil. **Apidologie**, [S.I.], v. 37, p. 376–386, 2006. DOI: 10.1051/apido:2006003

- DANTAS, M. C. A M. **Arquitetura de ninho e manejo de abelha Jandaíra (*Melipona subnitida* Ducke) no Alto Sertão da Paraíba**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal. 62 p, 2016.
- DI-PASQUALE, G.; ALAUX, C.; LE CONTE, Y.; ODOUX, J.-F.; PIOZ, M.; VAISSIÈRE, B. E.; BELZUNCES, L. P.; DECOURTYE, A. Variations in the Availability of Pollen Resources Affect Honey Bee Health. **PLOS ONE**, [S.I.], v. 11, n.9, 2016.
DOI:10.1371/journal.pone.0162818
- DI-PASQUALE, G., SALIGNON, M., LE CONTE, Y., BELZUNCES, L. P., DECOURTYE, A., KRETZSCHMAR, A., ALAUX, C. Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? **PLoS ONE**, [S.I.], v. 8, n. 8, 2013.
DOI:10.1371/journal.pone.0072016
- ELTZ, T.; BRÜHL, C. A.; KAARS, S. V. D.; LINSENMAR, K. E. Assessing stingless bee pollen diet by analysis of garbage pellets: a new method. **Apidologie**, [S.I.], v. 32, p. 341-353, 2001.
- ERDTMAN, G. The acetolized method. A revised description. **Svensk Botanisk Tidskrift**, [S.I.], v. 54, p. 561-564, 1960.
- FELIX, J. A. **Perfil zootécnico da meliponicultura no estado do Ceará, Brasil**. Dissertação – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de pós-graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2015.
- FERNANDES-DA-SILVA, P. G.; SERRÃO, J. E. Nutritive value and apparent digestibility of bee-collected and bee-stored pollen in the stingless bee, *Scaptotrigona postica* Latr. (hymenoptera, apidae, meliponini). **Apidologie**, [S.I.], v. 31, n. 1, p. 39–45, 2000.
DOI:10.1051/apido:2000100
- FERNANDEZ-PACELLA, L. Morfología polínica de especies del género *Senna* (Fabaceae) del Suresta del Iberá, Corrientes, Argentina. **Revista de Biología Tropical**, [S.I.], v. 62, n. 2, p. 769-782, 2013.
- FERREIRA, E. A.; PAIXÃO, M. V. S.; KOSHIYAMA, A. S.; LORENZON, M. C. A. Meliponicultura como ferramenta de aprendizado em educação ambiental. **Ensino, Saúde e Ambiente**, [S.I.], v. 6, n. 3, p. 162-174, 2013.
- FERREIRA, N. S. **Temperatura colonial e tolerância térmica de *Melipona subnitida*, uma espécie de abelha sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini), da Caatinga**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal Rural do Semi-árido, Pró-Reitoria de Ensino e Pós-Graduação, Mossoró, RN, 2014.
- FEWELL, J.H., BERTRAM, S.M. Evidence for genetic variation in worker task performance by African and European honey bees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 52, p. 318–325, 2002. DOI:10.1007/s00265-002-0501-3
- FLORA DO BRASIL **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, 2020. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 28 abr de 2021.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; KLEINERT, A. M. P.; GALETTO, L.; NATES-PARRA, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, [S.I.], v. 40, n. 3, p. 332-346, 2009. DOI:10.1051/apido/2009012.

FREITAS, B.M. **Potencial da caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, 1991. 140 f.

FREITAS, B.M. Pollen identification of pollen and nectar loads collected by Africanized honey bees in the state of Ceará, Brazil. **Proceedings of the Fifth Conference on Apiculture in Tropical Climates**. Port of Spain: IBRA. p.73-79, 1994.

FRUTEIRA, R. S.; OLIVEIRA-FILHO, P. C.; MARTINS, K. G.; ANDRADE, A. R. Uso da terra e temperatura de superfície em Ponta Grossa, Paraná (PR), Brasil. **Revista Geográfica Venezolana**, [S.I.], v. 59, n. 2, p. 332-344, 2018.

FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Calendário de chuvas**. 2020. Disponível em: <http://funceme.br/app-calendario/mensal/municipios>. Acesso em: 11 maio de 2021.

GARCÍA, M. T. A.; GALATI, B. G.; ANTON, A. M. Microsporogenesis, microgametogenesis and pollen morphology of *Passiflora* spp. (Passifloraceae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, [S.I.], v. 139, p. 383-394, 2002.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R.; AIZEN, M. A.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; CARVALHEIRO, L. G.; HARDER, L. D.; AFIK, O.; BARTOMEUS, I.; BENJAMIN, F.; BOREUX, V.; CARIVEAU, D.; CHACOFF, N. P.; DUDENHÖFFER, J. H.; FREITAS, B. M.; GHAZOUL, J.; GREENLEAF, S.; HIPÓLITO, J.; HOLZSCHUH, A.; HOWLETT, B.; ISAACS, R.; JAVOREK, S. K.; KENNEDY, C. M.; KREWENKA, K. M.; KRISHNAN, S.; MANDELIK, Y.; MAYFIELD, M. M.; MOTZKE, I.; MUNYULI, T.; NAULT, B. A.; OTIENO, M.; PETERSEN, J.; PISANTY, G.; POTTS, S. G.; RADER, R.; RICKETTS, T. H.; RUNDLÖF, M.; SEYMOUR, C. L.; SCHÜEPP, C.; SZENTGYÖRGYI, H.; TAKI, H.; TSCHARNTKE, T.; VERGARA, C. H.; VIANA, B. F.; WANGER, T. C.; WESTPHAL, C.; WILLIAMS, N.; KLEIN, A. M. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. **Science**, [S.I.], v. 339, n. 6127, p. 1608–1611, 2013. DOI:10.1126/science.1230200

GBIF Secretariat **GBIF Backbone Taxonomy**. *Pseudohypocera kerteszi* (Enderlein, 1912). 2021 Checklist dataset DOI: 10.15468/39omei. Acesso em: 24 maio 2021.

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.; SIQUEIRA, J. 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**, [S.I.], v. 48, p. 784-794, 2017. DOI:10.1007/s13592-017-0523-5

GORAN, J.; BOJAN, A.; ZORAN, L.; JASMINA, R.; BORA, D. (2012) Heritability of production characteristics of regional populations of honey bees from Serbia. **Genetika**, [S.I.], v. 44, n. 1, p. 47-54, 2012. DOI: 10.2298/GENSR1201047J

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. **Journal of tropical ecology**, v. 17, n. 2, p. 303-321, 2001.

GROZINGER, C. M.; ZAYED, A. Improving bee health through genomics. **Nature reviews – Genetics**, [S.I.], v. 11, p. 277-291, 2020.

GRÜTER, C. Evolution and diversity in stingless bees. *In*: GRÜTER, C., **Stingless Bees, Fascinating Life Sciences**. p. 43-86, 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-60090-7_2.

GRÜTER, C.; SEGERS, F. H. I. D.; MENEZES, C.; VOLLET-NETO, A.; FALCÓN, T.; ZUBEN, L.; BITONDI, M. M. G.; NASCIMENTO, F. S.; ALMEIDA, E. A. B. Repeated evolution of soldiers sub-castes suggests parasitism drives social complexity in stingless bees. **Nature communications**, [S.I.], v. 8, n. 1, p. 1-8, 2017.

GRÜTER, C.; ZUBEN, L. G.; SEGERS, F. H. I. D., CUNNINGHAM, J. P. Warfare in stingless bees. **Insectes Sociaux**, [S.I.], v. 63, n. 2, p. 223-236, 2016.

GUSMÃO, A. C. V. L. **Obtenção do saldo de radiação através de imagens de satélite para a Ilha do Bananal-TO**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2011. 63 p.

HALCROFT, M. T., SPOONER-HART, R., HAIGH, A. M., HEARD, T. A.; DOLLIN, A. The Australian stingless bee industry: a follow-up survey, one decade on. **Journal of Apicultural Research**, [S.I.], v. 52, n. 2, p. 1–7, 2013. DOI:10.3896/ibra.1.52.2.01

HARANO, K.; MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M. Why do stingless bees (*Melipona subnitida*) leave their nest with resin loads? **Insectes Sociaux**, [S.I.], v. 67, n. 1, p. 195-200, 2020.

HEARD, T. A. The role of stingless bees in crop pollination. **Annual Review of Entomology**, [S.I.], v. 44, p. 183-206, 1999.

HEARD, T. A. **The Australian native bee book: keeping stingless bee hives for pets, pollination and sugarbag honey**. Sugarbag Bees, Brisbane, Australia, 2016. 246 p.

HEARD, T. A.; DOLLIN, A. Stingless bee keeping in Australia: snapshot of an infant industry. **Bee World**, [S.I.], v. 81, n. 3, p. 116-125, 2000.

HELM, B. R., SLATER, G. P., RAJAMOCHAN, A., YOCUM, G. D., GREENLEE, K. J.,; BOWSER, J. H. The geometric framework for nutrition reveals interactions between protein and carbohydrate during larval growth in honey bees. **Biology Open**, [S.I.], v. 6, n. 6, p. 872–880, 2017. DOI:10.1242/bio.022582

HOOVER, S. E. R.; HIGO, H. A.; WINSTON, M. L. (2005). Worker honey bee ovary development: seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition. **Journal of**

Comparative Physiology B, [S.I.], v. 176, n. 1, p. 55–63, 2005. DOI:10.1007/s00360-005-0032-0

HRNCIR, M., MAIA-SILVA, C., DA SILVA TEIXEIRA-SOUZA, V.H.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Stingless bees and their adaptations to extreme environments. **Journal of Comparative Physiology A**, [S.I.], v. 205, p. 415–426, 2019. DOI:10.1007/s00359-019-01327-3

HUMAN, H.; NICOLSON, S. W. Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of *Aloe greatheadii* var. *davyana* (Asphodelaceae). **Phytochemistry**, [S.I.], v. 67, n. 14, p. 1486–1492, 2006. DOI:10.1016/j.phytochem.2006.05.023

IBGE **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250000**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro. 2019. 168 p.

IHERING, H. **A Uruçu na Apicultura Nordestina**. Chácaras e Quintais: São Paulo, v.46, 1932.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; KOEDAM, D.; HRNCIR, M. **A abelha Jandaíra: no passado, no presente e no futuro**. EduFERSA, 2017. 254 p.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropica**, [S.I.], v. 10, n. 4, p. 59–62, 2010. DOI:10.1590/s1676-06032010000400008

INMET Instituto Nacional de Meteorologia. **Tempo**. 2021. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 11 maio 2021.

IPECE Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará **Perfil Municipal 2017 Crateús**. Fortaleza, 2018.

JAAPAR, M. F.; JAJULI, R.; MISSPAN, M. R.; GHANI, I. A. Foraging behavior of stingless bee *Heterotrigona itama* (Cockerell, 1918) (Hymenoptera : Apidae : Meliponini). **AIP Conference Proceedings**, [S.I.], v. 1940, n. 1, 2018. DOI:10.1063/1.5027952

JAFFÉ, R.; VEIGA, J. C.; POPE, N. S.; LANES, E. C. M.; CARVALHO, C. S.; ALVES, R.; ANDRADE, S. C. S.; ARIAS, M. C.; BONATTI, V.; CARVALHO, A. T.; CASTRO, M. S.; CONTRERA, F. A. L.; FRANCOY, T. M.; FREITAS, B. M.; GIANNINI, T. C.; HRNCIR, M.; MARTINS, C. F.; OLIVEIRA, G.; SARAIVA, A. M.; SOUZA, B. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Landscape genomics to the rescue of a tropical bee threatened by habitat loss and climate change. **Evolutionary Applications**, [S.I.], v. 12, n. 6, p. 1164–1177, 2019. DOI:10.1111/eva.12794

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 Reveals How to Optimize Stingless Beekeeping. **PLOS ONE**, [S.I.], v. 10, n. 3, 2015. DOI:10.1371/journal.pone.0121157

JONES, R. Stingless Bees: A Historical Perspective. *In*: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Honey**. Springer, New York, NY, 2013. DOI:10.1007/978-1-4614-4960-7_14

JONES, J.C., OLDROYD, B.P. Nest Thermoregulation in social insects. **Advances in Insect Physiology**, [S.I.], v. 33, p. 153–191, 2007. DOI:10.1016/S0065-2806(06)33003-2.

JONES, S. M.; ZWEDEN, J. S.; GRÜTER, C.; MENEZES, C.; ALVES, D. A.; NUNES-SILVA, P.; CZACZKES, T.; IM PERATRIZ-FONSECA, V. L.; RATNIEKS, F. L. W. The role of wax and resin in the nestmate recognitionsystem of a stingless bee, *Tetragonisca angustula*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S.I.], v. 66, n. 1, p. 1-12, 2012.

KELLER, I.; FLURI, P.; IMDORF, A. Pollen nutrition and colony development in honey bees - Part II. **Bee World**, [S.I.], v. 86, 2005.

KHALIFA, S. A. M.; ELASHAL, M.; KIELISZEK, M.; GHAZALA, N. E.; FARAG, M. A.; SAEED, A.; SABIR, J. S. M.; BATTINO, M.; XIAO, J.; ZOU, X.; KHATIB, A.; EL-SEEDI, H. R. Recent insights into chemical and pharmacological studies of bee bread. **Trends in Food Science & Technology**, [S.I.], 2019. DOI:10.1016/j.tifs.2019.08.021

KOFFLER, S., MENEZES, C., MENEZES, P. R., KLEINERT, A. DE M. P., IMPERATRIZ-FONSECA, V. L., POPE, N., & JAFFÉ, R. Temporal Variation in Honey Production by the Stingless Bee *Melipona subnitida* (Hymenoptera: Apidae): Long-Term Management Reveals its Potential as a Commercial Species in Northeastern Brazil. **Journal of Economic Entomology**, [S.I.], v. 108, n. 3, p. 858–867, 2015. DOI:10.1093/jee/tov055

KUMAR, M. S.; SINGH, A. J. A. R.; ALAGUMUTHU, G. Traditional beekeeping of stingless bee (*Trigona* sp.) by Kani tribes of Westem Ghats, Tamil, Nadu, India. **Indian Journal of Traditional Knowledge**, [S.I.], v. 11, n. 2, 2012.

LAWSON, D.A., RANDS, S.A. The effects of rainfall on plant–pollinator interactions. **Arthropod-Plant Interactions**, [S.I.], v. 13, p. 561–569, 2019. DOI:10.1007/s11829-019-09686-z

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da Caatinga**. Editora Universitária, Recife. 2005. 822 p.

LEMELIN, R. H. Entomotourism and the stingless bees of Mexico. **Journal of Ecotourism**, p. 1–8, 2019. DOI:10.1080/14724049.2019.1615074

LEONHARDT, S. D. Chemical ecology of stingless bees. **Journal of Chemical Ecology**, [S.I.], v. 43, p. 385-402, 2017. DOI: 10.1007/s10886-017-0837-9

LEWIS, G. P., B. D. SCHRIRE B. A. MACKINDER M. LOCK [eds.] *In press*. **Legumes of the world**. Royal Botanic Gardens, Kew, UK, 2005.

LIMA, A. L. A.; RODAL, M. J. N. Phenology and wood density of plants growing in the semi-arid region of northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, [S.I.], v. 74, n. 11, p. 1363–1373, 2010. DOI:10.1016/j.jaridenv.2010.05.009

LIMA, E. N. **Variações na dinâmica de algumas populações herbáceas de uma área de Caatinga de Pernambuco, Brasil.** Dissertação (Mestrado em botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de biologia. 2007. 58p.

LIMA, J. F. **Índices espectrais, temperatura e o albedo de superfície no bioma da Caatinga utilizando imagens orbitais.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2020. 63 p.

LIMA, L. C. L.; SILVA, F. H. M.; SANTOS, F. A. R. Palinologia de espécies de *Mimosa* L. (Leguminosae – Mimosoideae) do Semi-Árido brasileiro. **Acta Botanica Brasilica**, [S.I.], v. 22, n. 3, p. 794-805, 2008.

LPWG – The Legume Phylogeny Working Group. A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. **Taxo**, [S.I.], v. 66, n. 1, p. 44-77, 2017.

MACÍAS-MACÍAS, J.O., QUEZADA-EUÁN, J.J.G., CONTRERAS-ESCAREÑO, F.; TAPIA-GONZALEZ, J. M.; MOO-VALE, H.; AYALA, R. (2011) Comparative temperature tolerance in stingless bee species from tropical highlands and lowlands of Mexico and implications for their conservation (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Apidologie**, [S.I.], v. 42, p. 679–689, 2011. DOI:10.1007/s13592-011-0074-0.

MAGALHÃES, T.L.; VENTURIERI, G.C. **Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste Paraense.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental. 2010. 36p (Documentos, 364)

MAGINNITY, S. Using stingless bees as an educational tool in Australia schools. *In*: VIT, P.; ROUBIK, D. W. **Stingless bees process honey and pollen in cerúmen pots.** Mérida: Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Universidad de Los Andes, 2013.

MAIA, U. M.; JAFFE, R.; CARVALHO, A. T.; FONSECA, V. L. I. Meliponiculture in Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, [S.I.], v. 37, n. 4, p. 327-333, 2015.

MAIA-SILVA, C., LIMÃO, A.A.C., SILVA, C.I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; HRNCIR, M. Stingless Bees (*Melipona subnitida*) Overcome Severe Drought Events in the Brazilian Tropical Dry Forest by Opting for High-Profit Food Sources. **Neotropical Entomology**, [S.I.], v. 49, p. 595–603, 2020. DOI:10.1007/s13744-019-00756-8

MAIA-SILVA, C.; DA SILVA PEREIRA, J.; FREITAS, B.M.; HRNCIR, M. Don't stay out too long! Thermal tolerance of the stingless bees *Melipona subnitida* decreases with increasing exposure time to elevated temperatures. **Apidologie**, [S.I.], v. 52, p. 218–229, 2021. DOI:10.1007/s13592-020-00811-z

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; DA SILVA, C.I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, [S.I.], v. 46, p. 631–643. , 2015. DOI:10.1007/s13592-015-0354-1

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; 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**, [S.I.], v. 202, p. 723–732, 2016. DOI:10.1007/s00359-016-1095-y

MAIA-SILVA, C.; LIMÃO, A. A. C.; HRNCIR, M.; DA SILVA-PEREIRA, J.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The Contribution of Palynological Surveys to Stingless Bee Conservation: A Case Study with *Melipona subnitida*. In: VIT P.; PEDRO S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology**. Springer, Cham, 2018. DOI:10.1007/978-3-319-61839-5_7

MAJOZI, N. P.; MANNAERTS, C. M.; RAMOELO, A.; MATHIEU, R.; NICKLESS, A.; VERHOEF, W. Analysing surface energy balance closure and partitioning over a semi-arid savanna FLUXNET site in Skukuza, Kruger National Park, South Africa. **Hydrology and Earth System Sciences**, [S.I.], v. 21, p. 3401–3415, 2017. DOI:10.5194/hess-21-3401-2017.

MARQUES, M. F.; HAUTEQUESTT, A. P.; OLIVEIRA, U. B.; MANHÃES-TAVARES, V. F.; PERKLES, O. R.; ZAPPES, C. A.; GAGLIANONE, M. C. Local knowledge on native bees and their role as pollinators in agricultural communities. **Journal of Insect Conservation**, [S.I.], v. 21, p. 345-356, 2017. DOI 10.1007/s10841-017-9981-3

MARQUES, T. V.; MENDES, K.; MUTTI, P.; MEDEIROS, S.; SILVA, L.; PEREZ-MARIN, A. M.; CAMPOS, S.; LÚCIO, P. S.; LIMA, K.; REIS, J.; RAMOS, T. M.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, C. P.; COSTA, G. B.; ANTONINO, A. C. D.; MENEZES, R. S. C.; SILVA, C. M. S.; BEZERRA, B. Environmental and biophysical controls of evapotranspiration from Seasonally Dry Tropical Forests (Caatinga) in the Brazilian Semiarid. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S.I.], v. 287, 2020. DOI:10.1016/j.agrformet.2020.107957

MARTIN, H. A. Re-assignment of the Affinities of the fóssil pollen type *Tricolpites trioblatus* Mildenhall and Pocknall to *Wilsonia* (Convolvulaceae) and a reassessment of the ecological interpretations. **Review of Paleobotany and Palynology**, [S.I.], v. 111, p. 237-251, 2000.

MARTINS, C. F.; CORTOPASSI-LAURINO, M.; KOEDAM, D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Espécies arbóreas utilizadas para nidificação por abelhas sem ferrão na Caatinga (Seridó, PB; João Câmara, RN). **Biota Neotropica**, [S.I.], v. 4, n. 2, 2004. DOI:10.1590/S1676-06032004000200003

MAUCOURT, S.; FORTIN, F.; ROBERT, C.; GIOVENAZZO, P. Genetic Parameters of Honey Bee Colonies Traits in a Canadian Selection Program. **Insects**, [S.I.], v. 11, n. 9, 2020. DOI:10.3390/insects11090587

MCCAUGHEY, W. F.; GILLIAM, M.; STANDIFER, L. N. Amino acids and protein adequacy for Honey bees of pollens from desert Plants and other floral sources. **Apidologie**, [S.I.], v. 11, n.1, p. 75-86, 1980.

MELÉNDEZ-RAMÍREZ, V.; AYALA, R.; DELFÍN-GONZÁLEZ, H. Crop Pollination by Stingless Bees. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology**. Springer, Cham, 2018. DOI:10.1007/978-3-319-61839-5_11

MICHENER, C. D. **The bees of the world**, 2a edn. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 2007. 953 p.

MICHENER, C. D. The Meliponini. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Honey**. Springer, New York, NY, 2012. DOI: 10.1007/978-1-4614-4960-7_1

MOO-VALLE, H.; QUEZADA-EUÁN, J.J.G.; WENSELEERS, T. The effect of food reserves on the production of sexual offspring in the stingless bee *Melipona beecheii* (Apidae, Meliponini). **Insectes Sociaux**, [S.I.], v. 48, n. 4, p. 398-403, 2001.

MOURA, G. K. A.; RUFINO, M. K. G.; SILVA, F. K. G.; PRADO, C. H. B. A.; TROVÃO, D. M. B. M. Leaf deciduousness and flowering of woody Caatinga species. **Biotemas**, [S.I.], v. 33, n. 4, p. 1-10, 2020. DOI:10.5007/2175-7925.2020.e72364

MUSTAFA, M. Z.; YAACOB, N. S.; SULAIMAN, S. A. Reinventing the Honey Industry: Opportunities of the Stingless Bee. **Malaysian Journal of Medical Sciences**, [S.I.], v. 25, n. 4, p. 1–5, 2018. DOI:10.21315/mjms2018.25.4.1

NASCIMENTO, J. E. M.; FREITAS, B. M., PACHECO-FILHO, A. J. S.; 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**, [S.I.], v. 66, n. 2, p. 263-273, 2019. DOI:10.13102/sociobiology.v66i2.2879

NATES-PARRA, G. ;ROSSO-LONDOÑO, J. M. Diversidad de abejas sin aguijón (Hymenoptera:Meliponini) utilizadas em meliponicultura em Colombia. **Acta Biológica Colombiana**, [S.I.], v. 18, n. 3, p. 415-426, 2013.

LÉO-NETO, N. A. **“Na lição da abeia-mestra”: Análise do complexo simbólico e ritualístico do mel e das abelhas sem-ferrão entre os índios Atikum**. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais) - Programa de Pós-graduação em Ciências Sociais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2011.

NICOLSON, S. W. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. **African Zoology**, [S.I.], v. 46, n. 2, p. 197-204, 2011.

NICOLSON, S. W., DA SILVA DAS NEVES, S., HUMAN, H.; PIRK, C. W. W. Digestibility and nutritional value of fresh and stored pollen for honey bees (*Apis mellifera* scutellata). **Journal of Insect Physiology**, [S.I.], v. 107, p. 302–308, 2018. DOI:10.1016/j.jinsphys.2017.12.008

NOGUEIRA-NETO, P. **A criação de abelhas indígenas sem ferrão (Meliponinae)**. São Paulo, Ed. Chácaras e Quintais. 1953. 280 p.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. Ed. Nogueirapis, São Paulo, 1997.

NORGATE, M.; BOYD-GERNY, S.; SIMONOV, V.; ROSA, M. G. P.; HEARD, T. A.; DYER, A. G. Ambient Temperature Influences Australian Native Stingless Bee (*Trigona*

carbonaria) Preference for Warm Nectar . **PLoS ONE**, [S.I.], v. 5, n. 8, 2010.
DOI:10.1371/journal.pone.0012000

NUNES, T. M.; ZUBEN, L. G.; COSTA, L.; VENTURIERI, G. C. Defensive repertoire of the stingless bee *Melipona flavolineata* Friese (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, [S.I.], v. 61, n. 4, p. 541-546, 2014.

O'ROURKE, M. K.; BUCHMANN, S. L. Standardized Analytical Techniques for Bee-Collected Pollen. **Environmental Entomology**, [S.I.], v. 20, n. 2, p. 507–513, 1991.
DOI:10.1093/ee/20.2.507

OLIVEIRA, A. P. M.; VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. (2013) Body size variation, abundance and control techniques of *Pseudohylocera kerteszi*, a plague of stingless bee keeping. **Bulletin of Insectology**, [S.I.], v. 66, n. 2, p. 203-208.

OLIVEIRA, D. DE J., DE CARVALHO, C. A. L., SODRÉ, G. DA S., PAIXÃO, J. F. DA, & ALVES, R. M. DE O. Partitioning of pollen resources by two stingless bee species in the north Bahia, Brazil. **Grana**, [S.I.], v. 56, n. 4, p. 285–293, 2016.
DOI:10.1080/00173134.2016.1217040

OLIVEIRA, G.; ARAÚJO, M.B.; RANGEL, T.F.; ALAGADOR, D.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. **Biodiversity and Conservation**, [S.I.], v. 21, p. 2913–2926, 2012. DOI:10.1007/s10531-012-0346-7

OLIVEIRA, K. N.; PAULA-LEITE, M. C.; FAQUINELLO, P.; CARVALHO, C. A. L.; LINO-LOURENÇO, D. A.; SAMPAIO, R. B.; SANTOS, E. B. Parâmetros genéticos para características produtivas e biométricas em abelha *Melipona quadrifasciata* anthidioides LEPELETIER. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [S.I.], v. 67, n. 3, p. 819–826, 2015. DOI:10.1590/1678-4162-6804.

PAGE, R.E., FONDRK, M.K. The effects of colony-level selection on the social organization of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies: colony-level components of pollen hoarding. **Behavioral and Ecology Sociobiology**, [S.I.], v. 36, p. 135–144, 1995.
DOI:10.1007/BF00170718

PECH-MAY, F. G.; MEDINA-MEDINA, L.; MAY-ITZÁ, W. J.; PAXTON, R. J.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Colony pollen reserves affect body size, sperm production and sexual development in males of the stingless bee *Melipona beecheii*. **Insectes Sociaux**, [S.I.], v. 59, n. 3, p. 417-424, 2012.

PEDRO, S. R. M. The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, [S.I.], v. 61, n. 4, 2014.

PEREBOOM, J. J. M.; BIESMEIJER, J. C. Thermal constraints for stingless bees foragers: the importance of body size and coloration. **Oecologia**, [S.I.], v. 137, p. 42-50, 2003.
DOI:10.1007/s00442-003-1324-2

PERUQUETTI, R. C.; SILVA, Y. C.; DRUMOND, P. M. **Forídeos cleptoparasitas de abelhas-sem-ferrão: sazonalidade, distribuição espacial e atratividade de iscas de vinagre**. Rio Branco: Embrapa Acre. 2012. 18 p.

POSEY, D. Indigenous ecological knowledge and development of the Amazon. *In*: MORAN, E. (Ed.). **The dilemma of Amazonian development**. Boulder, Colorado: Westview Press, p. 225-257, 1983.

PRABHAKAR, R.; RAMAKRISHNA, H. Pollen diversity of ethnomedicinal plants of nirmal forest division in adilabad district, telangana state, India. **World Journal of Pharmaceutical Research**, [S.I.], v. 3, n. 8, p. 220-237, 2014.

PRADO, R. B.; RODRIGUES, R. R.; THOMAZ, S. M.; PIVELLO, V. R.; IMPERATRIZ FONSECA, V. L.; FARJALLA, V. F.; Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos. *In*: JOLY, C. A.; SCARANO, F. R.; SEIXAS, C. S.; METZGER, J. P.; OMETTO, J. P.; BUSTAMANTE, M. M. C.; PADGURSCHI, M. C. G.; PIRES, A. P. F.; CASTRO, P. F. D.; GADDA, T.; TOLEDO, P. (Ed.). **Tendências e impactos dos vetores de degradação e restauração da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos**. 1º Diagnóstico brasileiro de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. São Carlos, SP: Editora Cubo, 2019. cap. 3, p. 93-213.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M. F.; MORO, M. F. Diversity and Evolution of Flowering Plants of the Caatinga Domain. **Caatinga**, [S.I.], p. 23–63, 2017. DOI:10.1007/978-3-319-68339-3_2

QUEZADA-EUÁN, J. J. G. **Anatomy and Physiology in stingless bees of Mexico**. Springer, Cham, 2018a. DOI:10.1007/978-3-319-77785-6_3

QUEZADA-EUÁN, J. J. G. The Past, Present, and Future of Meliponiculture in Mexico. *In*: **Stingless Bees of Mexico**. Springer, Cham, 2018b. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6_9

QUEZADA-EUÁN, J. J. G.; NATES-PARRA, G.; MAUÉS, M. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D. W. Economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic groups of tropical America. **Sociobiology**, [S.I.], v. 65, n. 4, p. 534-557, 2018.

QUEZADA-EUÁN, J.; MAY-ITZA, W.; GONZÁLEZ-ACERETO, J. Meliponiculture in México: problems and perspective for development. **Bee World**, [S.I.], v. 82, n. 4, p. 160-167, 2001.

QUIRINO, Z.; MACHADO, I. Pollination syndromes in a Caatinga plant community in northeastern Brazil: seasonal availability of floral resources in different plant growth habits. **Brazilian Journal of Biology**, [S.I.], v. 74, n. 1, p. 62–71, 2014. DOI:10.1590/1519-6984.17212

RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. **Acta Botanica Brasilica**, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 37–47, 2004. DOI:10.1590/s0102-33062004000100005

RCPOL **Rede de catálogos polínicos online**. 2020. Disponível em: < <http://chaves.rcpol.org.br/> >. Acesso em: 6 jun 2021.

RIBEIRO, E. M. S.; SANTOS, B. A.; ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; TABARELLI, M.; SOUZA, G.; LEAL, I. R. Phylogenetic impoverishment of plant communities following chronic human disturbances in the Brazilian Caatinga. **Ecology**, [S.I.], v. 97, n. 6, p. 1583-1592, 2016. DOI:10.1890/15-1122.1

ROBROEK, B. J. M.; JONG, H.; ARCE, H.; SOMMEIJER, M. J. The development of *Pseudohyocera kerteszi* (Diptera, Phoridae), a kleptoparasite in nests of stingless bees (Hymenoptera, Apidae). **Proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology**, NEV Amsterdam, v. 14, p. 71-74, 2003.

ROUBIK, D. W. Obligate Necrophagy in a social bee. **Science**, [S.I.], v. 217, n. 4564, p. 1059-1060, 1982.

ROUBIK, D. W. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge Tropical Biology series, 1989.

ROUBIK, D. W.; PATIÑO, J. E. M. How to Be a Bee-Botanist Using Pollen Spectra. In: VIT, P.; PEDRO, S.; ROUBIK, D. (eds) **Pot-Honey**. Springer, New York, p. 295–314, 2012. DOI:10.1007/978-1-4614-4960-7_21

ROUBIK, D. W.; SMITH, B. H.; CARLSON, R. G. Formic acid in caustic cephalic secretions of stingless bee, *Oxytrigona* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of chemical ecology**, [S.I.], v. 13, n. 5, p. 1079-1086, 1987.

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen–pistil interactions, or phylogeny? **Ecological Monographs**, [S.I.], v. 70, n. 4, p. 617–643, 2000. DOI:10.1890/0012-9615(2000)070[0617:wgpcop]2.0.co;2

RUKHSHINDA, A.; PERVEEN, A. A palynological study of some cultivated trees from Karachi. **Pakistan Journal of Botany**, [S.I.], v. 38, n. 1, p. 15-28, 2006.

SAMEJIMA, H.; MARZUKI, M.; NAGAMITSU, T.; NAKASIZUKA, T. The effects of human disturbance on a stingless bee community in a tropical rainforest. **Biological Conservation**, [S.I.], v. 120, n. 4, p. 577–587, 2004. DOI:10.1016/j.biocon.2004.03.030

SANT'ANA, R. S. **Caracterização físico-química e microbiológica dos méis de *Melipona subnitida* e *Melipona fasciculada* do Estado do Piauí**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, 2017.

SANTOS DE NOVAIS, J.; LIMA E LIMA, L. C.; SANTOS, F. DE A. R. DOS. Bee pollen loads and their use in indicating flowering in the Caatinga region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, [S.I.], v. 74, n. 10, p. 1355–1358, 2010. DOI:10.1016/j.jaridenv.2010.05.005

SCHMEHL, D. R.; TEAL, P. E. A.; FRAZIER, J. L.; GROZINGER, C. M. Genomic analysis of the interaction between pesticide exposure and nutrition in honey bee (*Apis mellifera*). **Journal of Insect Physiology**, [S.I.], v. 71, p. 177-190, 2014. DOI:10.1016/j.jinsphys.2014.10.002

SCHULZ, D. J.; HUANG, Z. Y.; ROBINSON, G. E. Effects of colony food shortage on behavioral development in honeybees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, [S.I.], v. 42, p. 295-303, 1998.

SCHWARZ, H. F. Stingless bees (Meliponidae) of Western hemisphere. **Bulletin of the American museum of natural history**. [S.I.], v. 90, 1948.

SER. **International Primer on Ecological Restoration Society for Ecological Restoration**. Tucson, 2004. Disponível em: www.ser.org, Acesso em: 07 jul 2021.

SILVA, C. I.; ARAUJO, G.; OLIVEIRA, P. E. A. M. Distribuição vertical dos sistemas de polinização bióticos em áreas de cerrado sentido restrito no Triângulo Mineiro, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S.I.], v. 56, p. 748-760, 2012.

SILVA, C. I.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; BAUERMANN, S. G.; SARAIVA, A. M.; QUEIROZ, E. P.; EVALDT, A. C. P.; ALEIXO, K. P.; CASTRO, J. P.; CASTRO, M. M. N.; FARIA, L. B.; CALIMAN, M. J. F.; WOLFF, J. L.; PAULINO, H. F.; GARÓFALO, C. A. **Catálogo polínico das plantas utilizadas por abelhas no Campus da USP de Ribeirão Preto**. Holos editora, Ribeirão Preto – SP, 2014.

SILVA, C. I.; RADAESKI, J. N.; ARENA, M. V. N.; BAUERMANN, S. G. **Atlas de polens e plantas usados por abelhas**. Sorocaba – SP, 2020.

SILVA, F. H. M. **Contribuição à palinologia das Caatingas**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.

SILVA, J. L. S.; CRUZ-NETO, O.; PERES, C. A.; TABARELLI, M.; LOPES, A. V. Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialises reproductive strategies. **PLoS ONE**, [S.I.], v. 14, n. 5, 2019. DOI:10.1371/journal.pone.0217028

SILVA, T. M. S., DOS SANTOS, F. P., EVANGELISTA-RODRIGUES, A., DA SILVA, E. M. S., DA SILVA, G. S., DE NOVAIS, J. S., SANTOS, A. R., CAMARA, C. A. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis**, [S.I.], v. 29, n. 1, p. 10–18, 2013. DOI:10.1016/j.jfca.2012.08.010

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. *Journal of Arid Environments*, [S.I.], v. 58, n. 4, p. 575–596, 2004. DOI:10.1016/j.jaridenv.2003.12.002

SILVEIRA, F. A. Influence of pollen grain volume on the estimation of the relative importance of its source to bees. **Apidologie**, [S.I.], v. 22, n. 5, p. 495–502, 1991. DOI:10.1051/apido:19910502

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. **Abelhas Brasileiras: Sistemática e Identificação**. 1ª Edição. Belo Horizonte, 2002.

SLAA, E. J.; CHAVES, L. A. S.; MALAGODI-BRAGA, K. S.; HOFSTEDDE, F. E. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. **Apidologie**, [S.I.], v. 37, n. 2, p. 293-315, 2006. DOI:10.1051/apido:2006022.

SLAA, E. J.; WASSENBERG, J.; BIESMEIJER, J. C. The use of field-based social information in eusocial foragers: local enhancement among nestmates and heterospecifics in stingless bees. **Ecological Entomology**, [S.I.], v. 28, n. 3, p. 369-379, 2003.

SOUZA, B. de A. **Melipona asilvai (Hymenoptera: Apidae): aspectos bioecológicos de interesse agrônomo**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Câmara de Ensino de Pós-graduação e Pesquisa, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2003. 68f.

SOUZA, F. S.; COSTA, M. A. P. C.; OLIVEIRA, E. J. F.; RIBEIRO, M. F.; SOUZA, B. .; ARAÚJO, E. D.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; CARVALHO, C. A. L. Genetic Variability of *Melipona subnitida* (Hymenoptera: Apidae) in Introduced and Native Populations. **Journal of Insect Science**, [S.I.], v. 18, n. 5, p. 1-6, 2018. DOI: 10.1093/jisesa/iey089

SOUZA, F. S.; NUNES, L. A.; OLIVEIRA, E. J. F.; COSTA, M. A. P. DE C.; CARVALHO, C. A. L. Population variation and island effect in *Melipona subnitida* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Apicultural Research**, [S.I.], p. 1–8, 2018. DOI:10.1080/00218839.2018.1494920

SOUZA-JUNIOR, J. B. F.; TEIXEIRA-SOUZA, V. H. S.; OLIVEIRA-SOUZA, A.; OLIVEIRA, P. F.; QUEIROZ, J. P. A. F.; HRNCIR, M. Increasing thermal stress with flight distance in stingless bees (*Melipona subnitida*) in the Brazilian tropical dry forest: Implications for constraint on foraging range. **Journal of Insect Physiology**, [S.I.], v. 123, 2020. DOI:10.1016/j.jinsphys.2020.104056.

STANDIFER, L N. A comparison of the protein quality of pollens for growth stimulation of the hypopharyngeal glands and longevity of honey bees, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). **Insects Sociaux**, [S.I.], v. 14, p. 415-426, 1967.

STOKES, D.L. Things We Like: Human Preferences among Similar Organisms and Implications for Conservation. **Human Ecology**, [S.I.], v. 35, p. 361–369, 2007. DOI:10.1007/s10745-006-9056-7.

TAVARES, M. G.; ARAUJO, J. M.; SANTANA, W. C.; ELIZEU, A. M.; SILVA, L. A.; LADEIRA, J. S.; RUBINGER, M. M. M.; CAMPOS, L. A. O.; LINO-NETO, J. Abelhas sem ferrão: Educação para Conservação – Interação Ensino-Pesquisa-Extensão voltada para o Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 113-120, 2016.

TORRES R.R., LAPOLA D.M., GAMARRA N.L.R. Future Climate Change in the Caatinga. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (eds) **Caatinga**. Springer, Cham, 2017. DOI:10.1007/978-3-319-68339-3_15.

TORRES, A., HOFFMANN, W., & LAMPRECHT, I. (2007). Thermal investigations of a nest of the stingless bee *Tetragonisca angustula* Illiger in Colombia. **Thermochimica Acta**, [S.I.], v. 458, n. 1-2, p. 118–123, 2007. DOI:10.1016/j.tca.2007.01.024.

- TRINKL, M.; KALUZA, B. F.; WALLACE, H.; HEARD, T. A.; KELLER, A.; LEONHARDT, S. D. Floral species richness correlates with changes in the nutritional quality of larval diets in a stingless bee. **Insects**, [S.I.], v. 11, n. 2, 2020. DOI:10.3390/insects11020125.
- VANBERGEN, A. J. Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. **Frontiers in Ecology and the Environment**, [S.I.], v. 11, n. 5, p. 251–259, 2013. DOI:10.1890/120126
- VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A. M.; ARAUJO, H. F. P.; OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, [S.I.], v. 54, n. 3, 2010. DOI:10.1590/S0085-56262010000300019.
- VEIGA, J. C.; MENEZES, C.; VENTURIERI, G. C.; CONTRERA, F. A. L. The bigger, the smaller: relationship between body size and food stores in the stingless bee *Melipona flavolineata*. **Apidologie**, [S.I.], v. 43, n. 6, 2012. DOI: 10.1007/s13592-012-0183-4.
- VENTURIERI, G. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. *Scaptotrigona nighohirta* e *Melipona melanoventer* (Apidae:Meliponinae): espécies amazônicas com potencialidades para a meliponicultura. In: Encontro Sobre Abelhas, 04, Ribeirão Preto, **Anais...**, p. 356, 2000.
- VENTURIERI, G.C. **Criação de abelhas indígenas sem ferrão**. 2.ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 60p.
- VILLANUEVA-G, R.; ROUBIK, D. W. Why are african honey bees and not european bees invasive? Pollen diet diversity in community experiments. **Apidologie**, [S.I.], v. 35, p. 481-491, 2004. DOI: 10.1051/apido:2004041
- VILLAS-BÔAS, J. K. **Manual Tecnológico Mel de Abelhas sem Ferrão**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2012.
- VOLLET-NETO, A.; KOFFLER, S.; SANTOS, C. F.; MENEZES, C.; NUNES, F. M. F.; HARTFELDER, K.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ALVES, D. A. Recent advances in reproductive biology of stingless bees. **Insectes sociaux**, [S.I.], v. 65, n. 2, p. 201-212, 2018.
- VOLLET-NETO, A.; MENEZES, C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Behavioural and developmental responses of a stingless bee (*Scaptotrigona depilis*) to nest overheating. **Apidologie**, [S.I.], v. 46, p. 455–464, 2015. DOI:10.1007/s13592-014-0338-6
- WANG, J.; LI, Q.X. Chemical Composition, Characterization, and Differentiation of Honey Botanical and Geographical Origins. **Advances in Food and Nutrition Research**, [S.I.], v. 62, p. 87-137, 2011.
- WILLE, A. Phylogeny and relationships among the genera and subgenera of the stingless bee of the world. **Revista de Biologia Tropical**, [S.I.], v. 27, n. 2, 1979.
- YANG, K.; WU, D.; QIANYE, X.; LIU, D.; CHEN, J.; SUN, P. Characterization of Chemical Composition of Bee Pollen in China. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, [S.I.], v. 61, p. 708–718, 2013.

YBERT, J. P.; CARVALHO, M. A.; SCHEEL-YBERT, R. **Grãos de pólen de plantas vasculares do Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Série Livros Digitais 13, Rio de Janeiro, 2018.

YEPEZ, E. A. Y.; WILLIAMS, D. G. Precipitation pulses and ecosystem carbon and water exchange in arid and semiarid environments. *In*: BARRERA, E.; SMITH, W. K. (Eds.), **Perspectives in biophysical plant ecophysiology: A tribute to Park S. Nobel**, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 337–362, 2009.