



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

TUANNY DANIELE DE ARAÚJO GOMES

**EFEITO DO CONFORTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS VERDE EM
COLÔNIAS DE ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

MOSSORÓ-RN

2023

TUANNY DANIELE DE ARAÚJO GOMES

**EFEITO DO CONFORTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS VERDE EM
COLÔNIAS DE ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO**

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

Linha de pesquisa: Produção de Não Ruminantes

Orientadora: Profa. Dra. Kátia Peres Gramacho

Co-orientadora: Dra. Hérica Girlane Tertulino Domingos

MOSSORÓ-RN

2023

TUANNY DANIELE DE ARAÚJO GOMES

EFEITO DO CONFORTO TÉRMICO NA PRODUÇÃO DE PRÓPOLIS VERDE EM COLÔNIAS DE ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

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

Linha de pesquisa: Produção de Não Ruminantes

Defendida em: 28/02/2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 KÁTIA PERES GRAMACHO
Data: 03/03/2023 10:11:29-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Profa. Dra. Kátia Peres Gramacho (UFERSA)


Dra. Hérica Girlane Tertulino Domingos

Assinado digitalmente por Airton T. Carvalho
ID: 0U=CCBS/DBIO, O=UFERSA, CN
=Airton T. Carvalho, E=airton.carvalho@ufersa.edu.br
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: Mossoró, RN
Data: 2023.03.03 09:54:13-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 12.1.0

Prof. Dr. Airton Torres Carvalho


Dra. Jossiana Medonça Ferreira

©Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

G633 GOMES, TUANNY DANIELE DE ARAUJO .
Efeito do conforto térmico na produção de própolis
verde em colônias de abelhas africanizadas no semiárido
nordestino / TUANNY DANIELE DE
ARAUJO GOMES. - 2023.
76 f. : il.

Orientadora: Kátia Peres Gramacho.
Coorientadora: Hérica Girlane Tertulino
Domingos.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação
em Produção Animal, 2023.

1. Apis mellifera. 2. Termorregulação. 3. Sanidade

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em
conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O céu na tua frente
O chão sob teus pés
O sol iluminando tuas sandálias
E tu não enxerga outros
Caminhos

Miró da Muribeca

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo sopro de vida e a todos os meus guias espirituais pelas oportunidades no meu caminhar.

À minha orientadora, Professora. Dra. Kátia Peres Gramacho por toda orientação, paciência e broncas. Agradecida profa pela maneira que me acolheu em Mossoró e tenha certeza que todos os conselhos ditos foram importantes para meu amadurecimento pessoal e profissional.

À minha co-orientadora e capa de caderno Dra. Hérica Girlane Tertulino, por toda paciência e conselhos. Você é uma grande professora, gratidão.

Ao Dr. Jonas Vasconcelos pelo grande apoio nas análises dos dados estatísticos.

À a minha família por sempre apoiar minhas decisões (mesmos quando duvidosas) e segurar as pontas da Rizoflora mel na minha ausência. Mainha, tia Margareth e tia Tereza, apesar de algumas divergências, vocês são fundamentais na minha vida e eu amo vocês. Aos primos Ana Paula e Israel, agradeço por abrir as portas de sua casa em Mossoró, o apoio de vocês foi fundamental nessa jornada.

À todos os membros do Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura (NCTA-UFERSA) em nome dos amigos Anderson, Leandro e Ewerton. Agradecida pela colaboração de todos em meus trabalho em especial na parte de campo e análise.

Aos amigos Leandro e Érika Maia por toda ajuda, ensinamentos, acolhimento e pela troca de vivência.

Ao Programa de Pós-graduação em Produção Animal e ao corpo docente pelos ensinamentos, em especial ao Prof. Dr Jean Berg.

Aos membros da banca Dra. Joselena Mendonça Ferreira e Prof. Dr. Airton Torres Carvalho pelo aceite e por todas as contribuições.

Agradecida companheiros (as).

RESUMO

As abelhas *Apis mellifera* utilizam a própolis para proteção contra intempéries climáticas e para a promoção da saúde da colônia. Na região semiárida do nordeste brasileiro, um novo tipo de própolis vem chamando a atenção de apicultores e pesquisadores a própolis verde da jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) ou própolis verde do sertão. A planta jurema preta é uma espécie caracterizada por apresentar alto grau de resistência à seca e a sua própolis tem apresentado um potencial biológico promissor, como consideráveis níveis de flavonoides e substâncias fenólicas totais. No entanto, pouco se sabe sobre a produção das colmeias, sobre os fatores que podem interferir na produção, a melhor forma de manejo bem como a influência do estresse térmico na produção. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do conforto térmico na produção de própolis verde em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) no semiárido nordestino. As colmeias foram distribuídas em duas condições distintas: estresse térmico e conforto térmico, onde tiveram os dados de temperatura e umidade interna monitorados através de dataloggers. A sanidade das abelhas também foi avaliada, através da análise do comportamento higiênico e da infestação pelo ácaro *Varroa destructor*. Houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias de temperatura e umidade interna para as abelhas mantidas em estresse térmico e em conforto térmico. Para a produção de própolis, houve diferença significativa entre os tratamentos ($W = 1108,5$, $p\text{-Valor} = 0,01613$), sendo que, para as abelhas em conforto térmico a produção foi maior. O comportamento higiênico, independente dos tratamentos empregados, foi igual ou superior a 89%, não havendo diferença significativa entre CH por tratamento ($W = 357,5$, $p\text{-Valor} = 0,1508$). Não houve diferença significativa entre *V. destructor* por tratamento ($W = 967$, $p\text{-Valor} = 0,1757$) e na infecção de *Nosema sp.* ($W = 416$, $p\text{-Valor} = 0,6162$). Não houve correlação significativa entre a produção de própolis e o comportamento higiênico. Não houve correlação significativa entre a produção de própolis e a infestação por *Varroa destructor*. Os esporos de *Nosema sp.* foram encontrados em todos os tratamentos em um nível muito baixo. Pode-se concluir que apesar das temperaturas internas das colônias de abelhas que estavam em conforto térmico terem sido inferiores, quando comparadas a temperatura das colônias que estavam em estresse térmico, todas as colônias de abelhas do estudo conseguiram manter suas temperaturas dentro da faixa considerada ótima. O conforto térmico trouxe uma resposta positiva na produção de própolis tendo as colônias produzido 36% a mais do que as colmeias que estavam em estresse térmico, evidenciando que o estresse influencia não somente em fatores fisiológicos e comportamentais, mas também em aspectos relacionados a produção de própolis o que age diretamente na imunidade social, visto que as abelhas utilizam seus compostos para a defesa da colônia contra invasores e patógenos.

Palavras-chave: *Apis mellifera*. Termorregulação. Sanidade apícola. Resina. Abelhas africanizadas.

ABSTRACT

Apis mellifera bees use propolis to protect against bad weather and to promote colony health. In the semi-arid region of northeastern Brazil, a new type of propolis has been drawing the attention of beekeepers and researchers: green propolis from jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) or green propolis from the hinterland. The black jurema plant is a species characterized by a high degree of resistance to drought and its propolis has shown a promising biological potential, with considerable levels of flavonoids and total phenolic substances. However, little is known about the production of hives, about the factors that can interfere with production, the best way of handling as well as the influence of thermal stress on production. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of thermal comfort on the production of green propolis in colonies of Africanized bees (*Apis mellifera*) in the northeastern semi-arid region. The hives were distributed in two distinct conditions: thermal stress and thermal comfort, where they had data on temperature and internal humidity monitored through dataloggers. The health of the bees was also evaluated, through the analysis of hygienic behavior and infestation by the mite *Varroa destructor*. There was a statistically significant difference ($P < 0.05$) between the mean temperature and internal humidity for bees kept under thermal stress and under thermal comfort. For the production of propolis, there was a significant difference between the treatments ($W = 1108.5$, $p\text{-Value} = 0.01613$), and for the bees in thermal comfort the production was higher. Hygienic behavior, regardless of the treatments employed, was equal to or greater than 89%, with no significant difference between HC per treatment ($W = 357.5$, $p\text{-Value} = 0.1508$). There was no significant difference between *V. destructor* by treatment ($W = 967$, $p\text{-Value} = 0.1757$) and *Nosema* sp. ($W = 416$, $p\text{-Value} = 0.6162$). There was no significant correlation between propolis production and hygienic behavior. There was no significant correlation between propolis production and *Varroa destructor* infestation. *Nosema* sp. were found in all treatments at a very low level. It can be concluded that although the internal temperatures of the colonies of bees that were in thermal comfort were lower, when compared to the temperature of the colonies that were in thermal stress, all the colonies of bees in the study managed to maintain their temperatures within the range considered optimal. Thermal comfort brought a positive response in the production of propolis, with the colonies producing 36% more than the hives that were under thermal stress, showing that stress influences not only physiological and behavioral factors, but also aspects related to the production of propolis, which acts directly on social immunity, as bees use their compounds to defend the colony against invaders and pathogens.

Keywords: *Apis mellifera*. Thermoregulation. Bee health. Resin. Africanized bees.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da fazenda experimental Rafael Fernandes-UFERSA. -----	41
Figura 2. Colônia de abelhas africanizadas com tendência propolizadora para própolis verde.-----	42
Figura 3. A) Colmeias em estresse térmico (expostas a radiação solar direta. B) Colmeias em conforto térmico (protegidas da radiação solar direta através de sombreamento artificial). -----	43
Figura 4. Estrutura com armação em madeira e com cobertura de folhas de coqueiro, disposta na orientação Leste-Oeste para proteger as colmeias da radiação solar direta.	44
Figura 5. Instalação dos dataloggers para coleta de temperatura e umidade interna da colmeia. (A) datalogger protegido em caixa de madeira, (B) Instalação do datalogger no quadro central. -----	44
Figura 6. Retirada da própolis em laboratório (A), lâmina de própolis (B), lâmina de própolis acondicionada em saco plástico e pesada (C) e sacos de própolis etiquetados (D). -----	46
Figura 7. Quadro teste com crias operculadas de abelhas operárias. Demonstração da área de crias para avaliação do comportamento higiênico pelo método de perfuração de crias. (7.1) áreas (A) perfurada e (B) controle no tempo 0 horas e (7.2) área no tempo 24 horas a (A) controle e (B) perfurada e limpa. -----	48
Figura 8. Coleta de abelhas (A), armazenamento e identificação dos potes (B) com abelhas coletadas em campo para análise em laboratório. -----	50
Figura 9. Retirada do abdômen de abelhas com o auxílio de uma lâmina para maceração e posterior análise de esporos.-----	51
Figura 10. Câmara de Neubauer esquematizando: A) canais longitudinais e canal transversal; B) quadrantes em aumento de 10x em microscópio óptico; C) quadrantes de análises; D) adicionado o conteúdo de análise e o local onde foi colocada a lamínula.	52
Figura 11. Variação da temperatura interna média e erro padrão (A) e umidade interna média e erro padrão (B) das colmeias nos dois tratamentos (estresse e conforto térmico) durante os meses de março a setembro de 2022. -----	56
Figura 12. Gráfico das variáveis ambientais: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica acumulada observadas em Mossoró-RN no período de março a outubro de 2022. -----	57

Figura 13. Valores médios da radiação solar observados por hora entre os meses de março a setembro de 2022.-----	58
Figura 14. Produção total de própolis (g) para as abelhas em conforto térmico e para as abelhas em estresse térmico, observados durante o período experimental.-----	59
Figura 15. Gráfico da produção total de própolis (g) por mês para as abelhas em conforto térmico e para as abelhas em estresse térmico, observados durante o período experimental. -----	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Relação de algumas propriedades “biológicas” da própolis em ordem cronológica.	29
Tabela 2. Distribuição das colônias de abelhas africanizadas submetidas a condições de conforto e estresse térmico para avaliação da produção de própolis de jurema preta no projeto piloto.	45
Tabela 3. Estimativa da infecção por Nosema.	52
Tabela 4. Média e desvio padrão da temperatura (°C) e umidade (%) interna das colmeias por tratamentos (estresse térmico e conforto térmico) e seus sub-tratamentos.	54
Tabela 5. Temperatura e umidade interna mensal dentro de cada tratamento.	55
Tabela 6. Valores médios, mínimos e máximos da temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica por mês observadas na cidade de Mossoró -RN nos períodos de março a outubro de 2022.	57
Tabela 7. Produção de própolis (g) por colônias de abelhas africanizadas em condições de conforto e estresse térmico, durante os meses de março a outubro de 2022.	60
Tabela 8. Média e desvio padrão do teste do comportamento higiênico (CH) em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.	61
Tabela 9. Correlação de Pearson entre o comportamento higiênico e produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas em conforto térmico e em estresse térmico.	62
Tabela 10. Média e desvio padrão da infestação do ácaro Varroa destructor em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.	63
Tabela 11. Correlação entre taxa de infestação de V. destructor e produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas em conforto térmico e em estresse térmico.	64
Tabela 12. Médias e desvio padrão, mínima e máximo do número de esporos (milhões) de Nosema sp. por mês nas abelhas em conforto e estresse térmico.	64
Tabela 13. Taxa de infecção de Nosema sp. por mês e tratamento.	65

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ficha de anotação dos dados coletados para a determinação do comportamento higiênico (CH %) em abelhas africanizadas.....	47
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 OBJETIVOS	25
2.1 Objetivo geral	25
2.2 Objetivos específicos	25
3 REFERENCIAL TEÓRICO	26
3.1 Panorama da apicultura no Brasil	26
3.2 Própolis	27
3.2.1 Fatores que podem influenciar a produção de própolis	31
3.3 Importância de um programa de melhoramento genético para a produção de própolis	32
3.4 Sombreamento de colmeias de abelhas <i>Apis mellifera</i> no semiárido	33
3.5 Sanidade apícola	35
3.5.1 Comportamento higiênico	37
3.5.2 Infestação por ácaro <i>Varroa destructor</i>	38
3.5.3 Incidência de <i>Nosema</i>	39
4.1 Local do experimento	41
4.2 Desenvolvimento do experimento em campo	41
4.2.1 Pré-seleção de colônias quanto a presença de própolis	41
4.2.2 Instalação das colmeias em duas condições experimentais	42
4.2.3 Temperatura e umidade interna da colmeia	44
4.2.4 Avaliação da produção de própolis	45
4.2.4.3 Variáveis ambientais externas	47
4.2.4.4 Avaliação do comportamento higiênico	47
4.2.4.5 Avaliação da taxa de infestação do ácaro <i>V. destructor</i> em abelhas operárias adultas	49
4.2.4.6 Avaliação da taxa de infecção de <i>Nosema</i> sp	50
4.3 Análises estatísticas	53
5 RESULTADOS	54
5.1 Teste piloto	54
5.2 Temperatura e umidade interna das colmeias	55
5.3 Variáveis ambientais meteorológicas	56
5.4 Produção de própolis	58
5.5 Comportamento Higiênico (CH)	61

5.6 Infestação por ácaro <i>Varroa destructor</i>	62
5.7 Avaliação da incidência de <i>Nosema</i> sp.	64
6 DISCUSSÃO	66
7 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73

1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) menciona a importância das abelhas como agentes polinizadores de diversas culturas agrícolas, contribuindo para a perpetuação das espécies vegetais e para a segurança alimentar por meio da produção de alimentos. O território brasileiro é detentor de diversas plantas que são visitadas por abelhas melíferas, e estas, desempenham um papel fundamental para a manutenção da biodiversidade, além de produzirem mel, própolis entre outros produtos. A própolis, por exemplo, é um produto apícola diretamente influenciado pela diversidade de plantas visitadas pelas abelhas e essa diversificação se dá devido aos diferentes biomas, cada um com sua vegetação (PARK *et al.*, 2002), que contribuiu para os inúmeros tipos de própolis nacionalmente conhecidos.

A própolis pode ser caracterizada como um produto proveniente de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas obtidas pelas abelhas através dos brotos, flores e exsudados de plantas e adicionado de secreções salivares, cera e pólen (GHISALBERTI, 1979; MARCUCCI, 1995; BRASIL, 2001). A própolis vem sendo empregada tradicionalmente por civilizações antigas como um medicamento popular e é conhecida devido às características farmacêuticas que a cada dia se descobre novas aplicações (BOUCHELAGHEM, 2021). As propriedades biológicas da própolis como a atividade antimicrobiana, antifúngica, antioxidante, antiviral e antiprotzoária vêm sendo estudadas (PEREIRA *et al.*, 2002; BOUCHELAGHEM, 2021) e sua composição química possui grupos fenólicos que atuam positivamente no organismo vivo, validando ainda mais suas propriedades terapêuticas (FREIRES *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2016).

O nordeste do Brasil apresenta condições para a produção de mel proveniente da vegetação nativa da Caatinga, e ainda com áreas livres de pesticidas (KHAN *et al.*, 2014). Nesta região, o mel é tido como principal produto apícola, no entanto, nos últimos anos tem sido observado um crescente aumento na produção de própolis, em razão da maior participação deste nas exportações e no mercado interno. A própolis vem ganhando espaço no mercado em função de suas atividades biológicas, cientificamente já comprovadas, propiciando dessa forma maior valorização desse produto no mercado mundial (MARTINEZ; SOARES, 2012). A própolis brasileira, em especial a própolis verde produzida nas regiões sul e sudeste do país é considerada de alta qualidade sendo exportada para países como: Japão, China, Coreia, Estados Unidos e Europa (VIDAL, 2021).

A própolis vem se mostrando um produto promissor, podendo contribuir com o desenvolvimento da região Nordeste. Há também um enorme potencial de geração de valor agregado, que pode ser conseguido por meio do desenvolvimento de processos industriais dessa matéria prima, que viabilizem a extração de compostos bioativos e pela geração de produtos secundários que empreguem a própolis. Desta maneira, a própolis foi se popularizando e ganhando o mercado nacional e internacional. Bankova *et al.*, (1999) destacaram que a primeira própolis comercializada no Brasil foi a chamada própolis verde, encontrada do sudeste do Brasil e coletada pelas abelhas africanizadas de ápices vegetativos da *Baccharis dracunculifolia* (Asteraceae), planta conhecida popularmente como alecrim do campo. No Brasil, Park *et al.*, (2002) classificou inicialmente 12 tipos de própolis, e suas características físico-químicas dependem da planta que seus compostos foram coletados, dentre essas, seis foram descobertas no Nordeste (TEIXEIRA *et al.*, 2003). Em Alagoas, Pernambuco e Bahia foi encontrado o 13º tipo de própolis, a vermelha (DAUGSCH *et al.*, 2008). A própolis vermelha do nordeste brasileiro se destaca pelos princípios como: atividades citotóxicas (DE CARVALHO *et al.*, 2020), atividade antioxidante e antibacteriana (CABRAL *et al.*, 2009, INUI *et al.*, 2014, REIS *et al.*, 2019). Por último, no ano de 2017 foi registrado o 14º tipo de própolis, uma própolis verde encontrada na região do semiárido Potiguar, com alta atividade antioxidante e vários tipos de flavonoides em sua composição química (FERREIRA *et al.*, 2017a). Essa própolis também foi encontrada em ninhos de abelhas *Scaptotrigona aff. depillis*, demonstrando que abelhas nativas coletam a mesma fonte de *Apis mellifera* para produzi-la (FERREIRA *et al.*, 2017b). Diante disso, atualmente o Brasil tem registrado esses 14 tipos diferentes de própolis que foram estudadas quanto a composição química e origem botânica (FERREIRA *et al.*, 2017a; PARK *et al.*, 2002; SANTOS *et al.*, 2019). Essas própolis possuem uma diversidade de compostos bioativos, como a apigenina, artepillin C, vestitol, neovestitol e flavonoides do tipo chalconas, sendo de distintas origens (FRANCHIN *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2017a; SANTOS *et al.*, 2019).

A própolis verde do semiárido, embora descoberta em 2017, ainda possui poucos estudos quanto as suas atividades biológicas e produção. A região do semiárido nordestino, bioma caatinga, é considerada uma das mais negligenciadas do país em termos de políticas públicas e possui um clima que dificulta estratégias de manejo dentro da apicultura brasileira. Sendo assim, entender como as abelhas produzem própolis verde nessa área e desenvolver programas de seleção são de fundamental importância para o

desenvolvimento dessa prática, que será uma boa fonte de renda atrelada a já consolidada produção de mel na região. As abelhas utilizam ápices caulinares da planta *Mimosa tenuiflora* (*Leguminosae*), popularmente chamada de “jurema-preta” e que, de acordo com o descrito por Ferreira, (2019), possui o perfil químico distinto em relação a própolis verde da *Baccharis dracunculifolia* (alecrim do campo) do sul e sudeste. Esta, contém em sua composição fenilpropanóides prenilados, enquanto a da jurema preta possui em maior proporção flavonoides, especialmente chalconas. As chalconas fazem parte da classe de flavonoides encontrados comumente em plantas da família *Leguminosae*, possuindo elevada ação antibacteriana (SALATINO, 2022). Essa própolis, produzida a partir de resina coletada da jurema-preta, recentemente atraiu a atenção da indústria (VIDAL, 2021). A própolis verde da jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) está orçada em R\$ 700,00- R\$ 750,00 o quilo (informação de produtores da região).

No Nordeste os arranjos produtivos locais APL's ainda não se encontram estruturados de modo que possam consolidar em curto prazo o mercado de própolis nesta região. Ainda que gradativamente as pesquisas tenham gerado indicadores que asseguram o potencial de comercialização da própolis, buscas incessantes com produtores da região foram realizadas para analisar e avaliar a produção por colônias. Foram realizadas tentativas de parcerias com produtores para obter informações sobre a produção da própolis nas colmeias, no entanto, não foi obtido sucesso. Há, então, uma lacuna importante de informações produtivas sobre a própolis verde produzidas em colônias de abelhas africanizadas no semiárido e quais fatores podem estar relacionados a sua produção. Não se sabe, sobre a sazonalidade de produção na região, o potencial produtivo por colmeia, nem os fatores abiótico e biótico que podem interferir na produção de própolis. Diante do exposto, é fundamental conhecer esses fatores, desenvolver formas de manejo que visem garantir geração de renda aos apicultores e manter seu mercado.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito do conforto térmico na produção de própolis verde em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) em uma área do semiárido nordestino.

2.2 Objetivos específicos

1. Pré-selecionar colônias que apresentam aptidão para produção de própolis
2. Testar a produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas em duas condições experimentais distintas: conforto térmico e estresse térmico; a saber:
 - a) Verificar a influência do coletor de própolis “TIRA E PÕE” na homeostase das colônias de abelhas africanizadas;
 - b) Avaliar a temperatura e umidade interna das colônias;
 - c) Verificar a produção de própolis nos meses experimentais;
 - d) Avaliar o comportamento higiênico nas colmeias de abelhas africanizadas produtoras de própolis;
 - e) Avaliar a infestação do ácaro *Varroa destructor* nas colmeias de abelhas africanizadas produtoras de própolis;
 - f) Avaliar a incidência de *Nosema* sp. nas colmeias de abelhas africanizadas produtoras de própolis.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Panorama da apicultura no Brasil

As abelhas são consideradas os principais agentes de polinização, e seu papel é fundamental para a produção de alimentos e preservação da biodiversidade (IMPERATRIZ-FONSECA; NUNES-SILVA, 2010). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), aproximadamente 75% de toda a produção agrícola mundial depende de polinizadores como abelhas, pássaros e morcegos (FAO, 2016), sendo que a presença desses polinizadores garante maior produtividade e variedades de culturas alimentares. As abelhas desempenham um papel importante para a sustentabilidade através da polinização. Klein *et al.*, (2007) comenta que a ausência de polinizadores afeta negativamente a reprodução sexuada e a diversidade genética das plantas, dificultando a produção de alimentos. Devido à importância das abelhas do ponto de vista ecológico e econômico são necessárias a aplicações de medidas conservacionistas para esses polinizadores, principalmente por meio de manejo adequado e uso sustentável (BERINGER, 2019).

A apicultura brasileira teve início em 1839, quando o padre Antônio José Pinto Carneiro trouxe os primeiros enxames de abelhas *Apis mellifera mellifera* para o estado do Rio de Janeiro, estabelecendo no processo o Apiário Imperial (WIESE, 2005). Em 1956, o pesquisador brasileiro Dr. Warwick Estevam Kerr transportou abelhas africanas (*Apis mellifera scutellata*) para a região de Rio Claro para realizar um experimento de melhoramento genético com o objetivo de aumentar a produção de mel e selecionar para resistência à doenças. Porém, no ano seguinte, as rainhas escaparam iniciando assim cruzamentos naturais, gerando populações poli híbridas conhecidas como abelhas africanizadas, e que vêm sendo disseminadas por quase toda América do Sul (GONÇALVES, 2004). A partir do final da década de 1950, no Brasil a apicultura passou a ser desenvolvida com as abelhas africanizadas, mesmo com o enfrentamento das dificuldades encontradas inicialmente pelos apicultores. A adaptação e desenvolvimento de novas técnicas para seu manejo trouxe diversas vantagens em relação às abelhas europeias e, em especial, um aumento na produção de mel e resistência a pragas e patógenos (DE JONG, 1996).

A atividade da apicultura no Nordeste vem se tornando a principal fonte de renda, em especial, na região semiárida para muitos agricultores familiares (BARBOSA, 2019).

O semiárido nordestino vem mostrando excelente desempenho na produção dos produtos apícolas pela sua vasta extensão e sua grande diversidade florística nativa resistente (Caatinga), com possibilidade de produzir mel orgânico e livre de agrotóxicos (KHAN *et al.*, 2014). Contudo, é necessário incentivo governamental para promover ações de tecnificação e a fortificação em associações (Barbosa, 2019), além de parcerias com universidades e pesquisadores.

Segundo os dados da Associação Brasileira dos Exportadores de Mel (ABEMEL, 2021), o Brasil vem se destacando no cenário de produção e exportação de mel, principalmente o mel orgânico. Os principais destinos do mel brasileiro, em 2021, foram os Estados Unidos, com mais de 30 mil toneladas, correspondente a 76% da produção nacional, seguido da Alemanha com 11%, e do Canadá com 5%. A região semiárida do Piauí possui condições ambientais excelentes para a apicultura, se destacando como o estado do Nordeste com maior produção de mel entre os anos de 2016 a 2021 com 17.703 toneladas, seguido da Bahia com 14.143 e do Maranhão com 8.665 toneladas. No mesmo período, os nove estados nordestinos somaram uma produção total de 53.235 toneladas de mel (31,3% da produção nacional), ficando abaixo apenas da região sul 67.674 toneladas (39,8%). Segundo a ABEMEL, a ausência de NCM (Nomenclatura Comum do Mercosul) para a própolis, não se tem dados consolidados, tal como há para o mel. Dados sobre produção de própolis são raros e pontualmente alocados.

Os avanços na apicultura brasileira, em especial a nordestina, se apresentam significativos, apesar das limitações encontradas para o crescimento e valorização do setor. Dentre estas limitações, é possível destacar os fatores que restringem a atividade, descritos por Khan *et al.*, (2014) e Vidal (2018), como a falta de acesso a tecnologias, baixo nível profissional dos apicultores, estruturação de casas de mel certificadas, falta de assistência técnica, tudo isso corroborando para o lento avanço.

3.2 Própolis

A palavra própolis tem origem grega e elucida sua função, onde *pro* (em defesa) e *polis* (cidade). Em outras palavras, podemos dizer proteção, defesa da cidade ou da colmeia (GHISALBERTI, 1979; MARCUCCI, 1996). A própolis pode ser compreendida como o produto proveniente de substâncias resinosas, gomosas e balsâmicas obtidas pelas abelhas através dos brotos, flores e exsudados de plantas. Em seguida, as mesmas adicionam secreções salivares, cera e pólen para finalizar a elaboração do produto

(GHISALBERTI, 1979; MARCUCCI, 1996; BRASIL, 2001).

As abelhas utilizam a própolis para vedação de suas colmeias, controlando a temperatura interna, protegendo das intempéries climáticas, podendo também utilizar para embalsamar predadores mortos, evitando assim a decomposição desses organismos, o que poderia acarretar em contaminação (MARCUCI, 1996). A coleta e utilização da própolis na colmeia é possivelmente um mecanismo de imunização social devido às propriedades antimicrobianas, onde as abelhas depositam essa resina nos alvéolos (MARTINEZ 2012; BORBA, 2017). Segundo Dalenberg *et al.*, (2020) as abelhas ao manipular a própolis, acabam por consumi-las de maneira não intencional, visto que o sistema bucal das abelhas é utilizado para limpeza, trofalaxia, coleta e armazenagem de néctar e podem servir como uma possível rota de transmissão de bactérias e patógenos. Esse mesmo trabalho mostrou que as abelhas que coletam a própolis apresentaram um estímulo de bactérias benéficas no aparelho bucal das abelhas.

Estudos relacionados às potencialidades da própolis brasileira das abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) foram datados a partir da década de 80, sendo antes um produto descartado pelos apicultores (MOREIRA,1986). A utilização da própolis foi descrita por várias civilizações, mas, de acordo com Pereira, (2002) o primeiro trabalho científico ocorreu no ano de 1908, indexado no Chemical Abstracts (referência nº 192) retratando sua composição e propriedades. Esse mesmo autor revisou cronologicamente, publicações sobre as propriedades farmacológicas estudadas na própolis em vários países a partir de 1957 (Tabela 1). Nessa tabela é possível analisar que a primeira publicação científica sobre a própolis no Brasil, ocorreu em 1984.

Tabela 1. Relação de algumas propriedades “biológicas” da própolis em ordem cronológica.

Data	País	Propriedade farmacológica estudada na própolis
1957	URSS	Uso como anestésico
1967	Romênia	Uso no tratamento dermatológico, com ação antifúngica
1968 e 1981	URSS	Uso no tratamento de úlceras (em ratos)
1968	Polônia	Estudo das propriedades bactericidas (gênero <i>Candida</i>)
1976	Alemanha	Antifúngicas (ex.: <i>Scopulariopsis brevicaulis</i>)
1976 e 1977	Polônia	Antiprotozoários (ex: <i>Trichomonas vaginalis</i> e <i>Toxoplasma gondii</i>)
1981	URSS	Antibióticos (<i>Staphylococcus aureus</i>)
1983	Iugoslávia	Atividade citotóxica <i>in vitro</i> de EEP (de células HeLa, carcinoma cervical humano)
1984	Brasil	Antibióticos (<i>Staphylococcus aureus</i>)
1985	Iugoslávia	Inibidor de <i>Bacillus subtilis</i> (IP-5832)
1986	Tchecoslováquia	Inibidor de RNA polimerase de <i>Escherichia coli</i> e <i>Streptomyces aurofaciens</i>
1989	Polônia	Antitumoral (carcinoma de Ehrlich)
1990	Itália	Inibição de vários vírus (ex.: herpes)
1992	Bulgária	Inibição do vírus Influenza A
1993	EUA	Antitumoral (testado em ratos e bovinos)
1995, 1996 e 1998	Japão	Citotoxicidade da própolis brasileira
1994 e 1995	Brasil	Atividade contra <i>Trypanosoma cruzi</i>
1998	Eslováquia	Antimutagênico
1999	Brasil	Várias contribuições apresentadas no I Simpósio Brasileiro Sobre Própolis e Apiterápicos (realizado na Universidade de Franca, 18 a 21 de agosto de 1999)

Fonte: adaptado de PEREIRA (2022)

A própolis brasileira vem ganhando mercado nacional e internacional devido às pesquisas relacionadas às atividades biológicas dos seus constituintes químicos. As abelhas utilizam os metabólitos secundários produzidos pelas plantas para a elaboração da própolis e, conseqüentemente, a resina coletada apresenta as mesmas propriedades de defesa presentes nas plantas. Vários estudos, de distintas regiões e com diversidade de

própolis, evidenciam sua eficácia contra microrganismos, tumores e reforço ao sistema imunológico (MARCUCCI, 1995). Outras potencialidades da própolis foram encontradas em outros estudos, como atividade antimicrobiana, antifúngica, antiprotozoário, bactericida, antioxidante, cicatrizante, antiséptica e hipotensiva, hepatoprotetora, imunoprotetora, antitumoral (MIORIN, 2003; SFORCIN, 2007; LUSTOSA *et al.*, 2008; BESERRA *et al.* 2021), atividade antitumoral (FROZZA *et al.*, 2017), antiviral (KWON *et al.*, 2020), antiviral, antibacteriano, antifúngico e antiparasitário (ZULHENDRI *et al.*, 2021), propriedades antifúngicas e antioxidantes (IBRAHIM, 2022), potencial antioxidante, anti-inflamatório e antialérgico (CONTE *et al.*, 2022).

A composição da própolis contém mais de 300 compostos fitoquímicos e seus efeitos biológicos dependem de uma série de fatores, principalmente de suas características fitogeográficas (SALATINO *et al.*, 2011; WILSON *et al.*, 2013; ANJUM *et al.*, 2019). Em adição, cabe salientar que, existem diferentes tipos de própolis produzidos no Brasil, e que apresentam diferenças marcantes em sua composição química (LUSTOSA *et al.*, 2008). Os diferentes biomas brasileiros possuem uma diversidade de espécies vegetais que tem potencial para visitação pelas abelhas, contribuindo para as diferentes própolis encontradas. Bankova *et al.*, (1999) destacam que a primeira própolis comercializada no Brasil foi a verde coletada de ápices vegetativos de uma planta chamada alecrim do campo (*Baccharis dracunculifolia*), encontrada no Sudeste do Brasil, que ainda hoje é fortemente exportada (MARTINEZ e SOARES, 2012). No Nordeste brasileiro, a própolis vermelha é produzida a partir de exsudatos resinosos, liberados através de injúrias causadas na planta *Dalbergia ecastophyllum* (rabo de bugio). Segundo Dausch *et al.*, (2008), esse tipo pode ser encontrado ao longo do mar e da costa de rios, apresentando diversos atributos terapêuticos.

Isto enfatiza a importância de estudos científicos, sobretudo a origem, produção e composição voltadas às própolis oriundas de apiários localizados em áreas de Caatinga, visto a sua alta diversidade vegetal. Foram classificados inicialmente 12 tipos de própolis brasileira em relação às suas características físico-químicas, divididas por regiões em que foram encontradas e agrupadas, onde cinco são do sul do Brasil, seis descobertas no Nordeste e uma no Sul do país. Nesse cenário, Teixeira *et al.*, (2003) reportaram a ausência de parâmetros para garantir a segurança, eficácia e qualidade de própolis, destacando a carência de avaliações fitoquímicas e farmacológicas. A partir dessas avaliações, é possível analisar os teores biológicos das diferentes própolis e adotar as

medidas necessárias para garantir a melhor utilização de forma racional pelo consumidor, assegurando ainda qualidade na produção. Os estudos relacionados com a própolis da região semiárida também são escassos, especialmente no Rio Grande do Norte, onde o estudo de Ferreira *et al.*, (2017) foi pioneiro na pesquisa sobre a composição da própolis da Jurema Preta (*Mimosa tenuiflora*) na região semiárida potiguar.

A jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) é uma espécie típica do semiárido brasileiro, caracterizada por apresentar alto grau de resistência à seca. Possui porte arbóreo, apresenta-se bifurcada, podendo alcançar uma altura média de 4,5 metros aos cinco anos de idade (MAIA, 2004). Segundo Bezerra (2008), a planta apresenta várias utilidades, como a produção de estacas e mourões, suas folhas e frutos podem ser utilizadas para alimentação animal e protegem o solo, e fornece forragem e sombra aos animais. Silva *et al.*, (2019) destacam a relevância não somente no ramo comercial, uma vez que além do seu significado botânico possui também significância espiritual, com utilidades para cura em rituais de crença utilizados por religiões de matrizes africanas. A casca da jurema preta é utilizada na medicina popular, e é empregada no tratamento de diversas enfermidades como infecções e eliminação de parasitas, apresenta em sua composição substâncias poliméricas fenólicas chamadas de taninos (PORDEUS JUNIOR, 2014).

A própolis da jurema preta vem sendo estudada devido as suas potencialidades biológicas e como fonte extra de renda além do mel. Ferreira (2019) avaliou que para ter o reconhecimento dessa própolis na região é necessário a determinação de alguns parâmetros como a análise do perfil químico e sua atividade antioxidante. Em sua pesquisa, Ferreira *et al.*, (2017) analisou características sensoriais e físicas diferentes de outros tipos de própolis brasileira, analisando o perfil químico completo dos flavonoides presente e a sua origem botânica. Esta própolis apresentou conformidades em relação aos parâmetros de qualidade exigido no regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade da própolis para teores de cera, flavonoides totais, substâncias fenólicas totais, estimando perspectivas promissoras na produção dessa própolis na região. No entanto, nenhum programa de seleção foi realizado por esses pesquisadores ou por quaisquer outros até o presente momento.

3.2.1 Fatores que podem influenciar a produção de própolis

Segundo Breyer (2016) vários fatores podem afetar a produção de própolis, destacando-se a localização do apiário, a quantidade de colmeias existentes, a linhagem das abelhas, o manejo empregado, o tamanho da população, época do ano e disponibilidades de plantas fornecedoras de resina. Como bem nos assegura Salatnaya *et al.* (2020) o meio ambiente está diretamente ligado às influências ocorridas para a produção de própolis, tais como: temperatura, umidade, luminosidade, velocidade do vento, precipitação e alimentação disponível. Desta maneira, quando as abelhas encontram um meio favorável, a produção de própolis pode ser beneficiada.

O tipo de coletor utilizado pelo apicultor também pode afetar o desempenho da produção de própolis. Conforme citado acima, Breyer (2016), relata que coletores possuem vantagens e desvantagens. Sendo assim o autor deixa claro que o apicultor tem a escolha de adotar e seguir um modelo que melhor corresponda a sua região e ao tipo de manejo exercido. A técnica de raspagem diretamente de tampas e quadros foi aperfeiçoada dando lugar a coletores dos mais simples aos mais elaborados. As técnicas de coletores que se destacam são: entre melgueira e tampa a utilização de telas plásticas, pequenos pedaços de madeira de cerca de 1,0 a 2,0 cm (calços); aumento da abertura do alvado com calço entre 2,5 a 3,0 cm; abertura de frestas laterais nas melgueiras com a colocação de um quadro móvel; utilização de quadro móvel entre a melgueira e a tampa; tampa coletora acoplada acima da melgueira; coletor de própolis inteligente (BRIGHENTI, 2007). Assim, investigando e analisando todos esses fatores é possível elevar a produção e qualidade deste produto (MOUNTFORD-MCAULEY, 2021).

3.3 Importância de um programa de melhoramento genético para a produção de própolis

A apicultura é uma atividade agrícola que vem se desenvolvendo no Brasil e a escolha da localidade na qual o apiário está implantado é fundamental para a produção apícola obter resultados satisfatórios. Outro fator importante são os estudos referente ao entendimento da biologia das abelhas com vista a desenvolver o melhoramento das abelhas (GONÇALVES, 1996). Para Martinez e Soares (2012), é essencial que o apicultor tenha o entendimento da importância da realização da substituição de rainhas anualmente, com vistas ao desenvolvimento de um programa de melhoramento genético, possibilitando a troca desse material entre os próprios apicultores, o que proporciona autonomia do apicultor em relação à qualidade no seu processo produtivo, elevando a

produção média de própolis. As características presentes na rainha podem ser utilizadas em seleções de futuras linhagens que otimizam a produção dos produtos apícolas e atributos, como a longevidade, a postura e a resistência a doenças (CUNHA, 2002; MARTINEZ, 2012).

O método de iniciar o melhoramento genético em abelhas é a seleção massal, principalmente quando a população ainda não sofreu nenhum melhoramento (MANRIQUE, 2002). De acordo com Manrique (2002a) e Nicodemos *et al.*, (2013), há uma grande variabilidade de produção de própolis entre as colônias de abelhas *Apis mellifera*, umas produzem muito mais que outras e outras no mesmo apiário não produzem. Essas são características controladas geneticamente (KERR 1972; WISE 1982). Além disso, pouco menos de 3% das abelhas campeiras são especializadas na coleta de própolis, sendo assim passível de seleção (MANRIQUE, 2002a). Kerr (1972) descreveu que para uma seleção eficiente é necessário que se escolha, no mínimo, 24 colônias em potencial, reservando metade para produção de rainhas e as outras 12 para produção de zangões. Ainda segundo ele, a seleção dos machos deve ser feita a partir do desempenho de suas irmãs, e a substituição das 25% piores rainhas por filhas das 25% melhores aumenta a produtividade nas próximas gerações até 20%.

É necessário selecionar as características desejáveis para seleção como: produção por colmeia, comportamento defensivo, comportamento higiênico (CH), comportamento enxameatório, incidências de doenças (varroatose, nosebose) e medidas morfométricas como características principais no programa de seleção (MARTINEZ, 2012). Essa seleção visa manter as linhagens geneticamente resistentes a doenças e/ou tolerantes.

Outro fator importante para ser levado em consideração nos programas de melhoramento genético para produção de própolis em abelhas africanizadas, é levar em consideração os ecotipos e biomas. Por exemplo, as colônias selecionadas para produção de própolis de jurema preta no semiárido provavelmente não terão o mesmo desempenho que suas rainhas filhas forem levadas para produção de própolis do alecrim em outro bioma. Salienta-se que novas pesquisas com este tema são necessárias.

3.4 Sombreamento de colmeias de abelhas *Apis mellifera* no semiárido

Os animais possuem mecanismos de termorregulação como tática para controlar sua temperatura corporal em determinados ambientes. Quando um animal não necessita usar sua energia adicional para manter a temperatura corporal em níveis consideráveis desejáveis pode ser entendida como a zona termoneutra (AGGARWAL; UPADHIAY, 2013). Desta maneira o animal demonstra a sua maior produtividade demandando custos fisiológicos mínimos.

Para sobreviver as variações climáticas, abelhas *Apis mellifera* empregam várias estratégias de aquecer ou resfriar, assim termorregulando suas colmeias (JARIMI; TAPIA-BRITO; RIFFAT, 2020). As abelhas adultas possuem uma tolerância considerável de temperatura, no entanto para manter condições ótimas para o desenvolvimento do ninho a temperatura deve ser mantida com variações entre a faixa entre 33-36°C (JONES; OLDROYD, 2007). O controle da temperatura do ninho é fundamental especialmente para o desenvolvimento das crias (DOMINGOS; GONÇALVES, 2014). Em situações onde é necessário o arrefecimento das colmeias, as abelhas usam o comportamento de bater as asas para termorregular, e esse mecanismo é fundamental para manter a temperatura do ninho em condições desejáveis para o desenvolvimento e sobrevivência das larvas (COOK *et al.*, 2016). Outra maneira interessante em que as abelhas podem controlar a temperatura da colmeia é a barreira física. A utilização da resina de própolis para fechar entradas e frestas das colmeias é exemplo de uma estratégia instintiva das abelhas em relação ao controle da temperatura e proteção contra invasores (JARIMI; TAPIA-BRITO; RIFFAT, 2020).

A região nordeste do semiárido brasileiro apresenta altos índices de radiação com elevadas temperaturas e chuvas irregulares. As altas temperaturas na região semiárida podem levar as abelhas ao estado de estresse térmico, como nos assegura Gonçalves *et al.*, (2010), Sombra e Gonçalves (2012), Sombra (2013) a incidência de sol diretamente nas colmeias pode acarretar prejuízos, tais como: menor longevidade da rainha (SANTOS, 2015), afetando o desenvolvimento da colônia (SOMBRA, 2013) ocorrendo consequentemente uma diminuição no tamanho da população, refletindo em uma menor produção dos produtos apícolas como mel, própolis, cera, pólen. Almeida (2008) em seu estudo controlado em câmara climática, verificou que as abelhas abandonavam sua colmeia quando a temperatura interna atingia 41°C, mesmo esta colônia apresentando crias e alimentos. Em contrapartida ao estresse térmico, quando as abelhas encontram um ambiente considerável ótimo (conforto térmico), a colmeia poderá apresentar o seu

melhor desempenho produtivo. Domingos *et al.*, (2018) verificou em seu trabalho que abelhas quando expostas a radiação solar direta aumentam sua temperatura corporal em cerca de 2 °C em comparação as abelhas estavam dispostas em sombra. É provável que as abelhas em estresse térmico possam ter desviado outras funções na colmeia para perder calor. Segundo Santos *et al.*, (2016) o clima pode ser considerado um fator que pode influenciar diretamente a produção dos produtos apícolas.

O sombreamento das colmeias na região semiárida com o intuito de fornecer sombra para as abelhas e proporcionar conforto térmico, é uma alternativa para a apicultura no semiárido, diminuindo os efeitos ambientais para esta região (SOMBRA, 2013). A técnica de sombreamento facilita a termorregulação das colônias, polpando energia nas atividades de resfriamento do ninho, deixando as abelhas disponíveis para a realização de outras atividades dentro da colmeia como o forrageamento, podendo aumentar a produção (SANTOS, *et al.*, 2017). Outro fator é que o sombreamento pode melhorar o manejo das abelhas para o apicultor, proporcionando melhores condições de trabalho e conforto. Santos *et al.*, (2017) considera a técnica de sombreamento fácil, de baixo custo, o que torna uma alternativa viável para os apicultores, tornando ainda mais possível a expansão do potencial apícola para o desenvolvimento da região semiárida. A cobertura para o sombreamento pode ser feita utilizando a sombra natural das árvores da região ou através da confecção de estruturas de madeira e palha (sombreamento artificial). Desta maneira, vários trabalhos foram sendo desenvolvidos na região semiárida para comprovar a eficiência do sombreamento de colmeias na região semiárida (SOMBRA, 2013; SANTOS, 2015, SANTOS *et al.*, 2016).

3.5 Sanidade apícola

Devido a uma variedade de fatores, entre os quais é possível destacar o transporte de abelhas e produtos agrícolas, a disseminação de doenças causadas nas abelhas vem se tornando um problema cada vez mais grave. Este fato, traduz a relevância que o diagnóstico e manejo atual dessas doenças têm (PIRES, 2008). Existem vários tipos de parasitas e patógenos que podem infectar abelhas em suas diferentes fases podendo causar uma redução na população e perdas de produtividade. Entre estas doenças que afetam as abelhas, podemos destacar a cria ensacada (vírus SBV), cria giz (fungo *Ascosphaera apis*), cria pútrida europeia (bactéria *Melissococcus plutonius*), pútrida americana

(bactéria *Paenibacillus larvae*), a nosemose (*Nosema apis* ou *Nosema ceranae*), e varroatose (*Varroa destructor*) (GRAMACHO, 1999, MESSAGE *et al.*, 2012). As primeiras notícias sobre a identificação da presença de doenças em abelhas ocorreram, segundo Message *et al.* (2011) nos estados do Rio Grande do Sul.

Outro problema que vem afetando a sanidade, principalmente na região dos Estados Unidos e Europa é o fenômeno conhecido como CCD (Colony Collapse Disorder- Distúrbio do Colapso das Colônias), o mesmo já foi relatado no Brasil (GONÇALVES, 2012). O fenômeno que ocorre com a CCD é que as colmeias ficam praticamente vazias, operárias somem ou não encontram seu ninho, permanecendo o ninho com alimento estocado e a rainha (MESSAGE *et al.*, 2011). Devido à alta perda de colônias a CCD, começou a ser estudado globalmente na tentativa de elucidar a causa do desaparecimento das abelhas. Message *et al.*, (2011) relata a importância de estudos que verifique a possível relação da CCD, com o ácaro *Varroa destructor*, *Nosema* spp. e outras enfermidades que vem acometendo a saúde das abelhas. O uso indiscriminado de inseticidas nas culturas agrícolas do país é destaque nas perdas de colônias (MESSAGE *et al.* 2011). Por serem extremamente tóxicos, os inseticidas neonicotinoides estão sendo relacionados como umas das principais causas ao desaparecimento de abelhas. Imperatriz-Fonseca *et al.*, (2012), relata que vários são os prejuízos acarretados em relação a perda de colônias na agricultura, atingindo diretamente a produção de alimentos.

Segundo Nganso; Torto (2021) a própolis tem demonstrado melhorar a saúde individual das abelhas (*Apis mellifera* L), mitigando, em parte, os efeitos negativos causados pelo ácaro ectoparasitário *Varroa destructor* e seus vírus associados na saúde das colônias de abelhas europeias manejadas. Em abelhas africanizadas, os efeitos dos parasitas precisam ser melhor investigados. Nganso; Torto (2021) trabalhando com abelhas africanas *A. m. scutellata* no Quênia, verificaram que elas podem usar grandes quantidades de própolis para proteger suas crias jovens. Os resultados sugerem que a há uma presença de compostos inibidores de ácaros no extrato etanólico da própolis da abelha africana, sendo necessário investigar mais a fundo suas propriedades.

Selecionar colônias resistentes a patógenos é de fundamental importância. A produtividade da própolis é uma variável importante, já que é utilizada pelas abelhas como substância antimicrobiana e antiparasitária. As abelhas coletam a própolis e levam para dentro da colmeia, formando uma camada protetora e otimizando a imunidade e a saúde da colmeia (BORBA *et al.*, 2015), indicando que colônias mais produtoras de própolis possam ser mais saudáveis que aquelas pouco produtoras.

Abelhas usam própolis para a defesa contra invasores, bem como para tratar possíveis organismos causadores de doenças (NICODEMO *et al.*, 2013). Como algumas colônias podem produzir quantidade de própolis diferente das outras, é importante uma investigação sobre a associação da própolis e as características a resistência a doenças, incluso o comportamento higiênico e resistência ao ácaro parasita *Varroa destructor*. Um fator chave na saúde das abelhas é a imunidade social que inclui táticas comportamentais de defesa com o uso comunitário da própolis (SIMONE-FINSTROM; SPIVAK, 2010, DRESCHER *et al.*, 2017), juntamente com o comportamento higiênico, onde as abelhas podem identificar crias doentes ou mortas e removê-las para fora da colmeia.

3.5.1 Comportamento higiênico

As doenças em abelhas podem afetar a produtividade das colmeias, com a diminuição da população e/ou levando a morte. Em alguns países a utilização constante de produtos sanitários é uma realidade e ao longo do tempo, sua utilização gera resistência dos patógenos, aumentando o custo da produção, expondo as abelhas a possíveis danos e contaminação dos produtos apícolas (BOGDANOV, 2006). Estudos que relatam a utilização da própolis no combate a doenças na colmeia e a combinação com outros mecanismos como a utilização do comportamento higiênico devem ser mais estudados (SIMONE-FINSTROM; SPIVAK, 2010). Nicodemo *et al.*, (2013) em seu estudo verificou que as colônias mais produtoras de própolis apresentaram uma taxa de desoperculação superiores, quando comparadas as colmeias não propolizadoras. Selecionar esse tipo de característica é fundamental e é estimado que cerca de 30 pares de genes participam desse processo (GRAMACHO *et al.*, 1999). Os estudos sobre o comportamento higiênico em abelhas e sua relação para entender os mecanismos de resistência a doenças vem sendo desenvolvido a cerca de 80 anos (SPIVAK; DANKA, 2021).

Desta maneira utilização de técnicas que visem selecionar colônias higiênicas pode ser fundamental para a não utilização de produtos químicos no controle de ácaros e patógenos. Para isto a análise do comportamento higiênico é uma técnica simples capaz de selecionar esse mecanismo natural de defesa das abelhas a diferentes doenças (GRAMACHO, 1999). Abelhas mais higiênicas são menos susceptíveis aos ataques, bacterianos da cria pútrida americana, cria pútrida européia, viral da cria giz, e contra o

ácaro parasita *Varroa destructor* (GRAMACHO, 1999; GONÇALVES *et al.*, 2008). O comportamento higiênico avalia o tempo e a capacidade em que as abelhas detectam, desoperculam as células e fazem sua limpeza (ROTHENBUHLER, 1964; MESSAGE, 1979; SPIVAK *et al.*, 1995; GRAMACHO; GONÇALVES, 1994, GRAMACHO 1995; 1999). De acordo com Gonçalves; Gramacho (1999) uma colônia higiênica é aquela em que as abelhas removem de 80 a 100% das crias mortas em 24 horas após o teste por perfuração. Essa característica é geneticamente determinada, e está relacionada aos fatores como: população, força da colônia, entre outros ainda não conhecidos (ROTHENBÜHLER, 1964; WAGONER, SPIVAK; RUEPPEL, 2018; CORREIA-OLIVEIRA *et al.*, 2018).

As técnicas para comprovação do comportamento higiênico ou não de abelhas, podem ser realizadas através de alguns métodos como o de congelamento da cria por nitrogênio líquido (SPIVAK; REUTER, 1998) ou com o uso de um congelador (GONÇALVES; KERR, 1970) e o método de perfuração de crias (NEWTON; OSTASIEWSKI, 1986 adaptado por GRAMACHO e GONÇALVES, 1994; GRAMACHO, 1999). O método por perfuração de crias vem sendo utilizado devido a sua praticidade e rapidez, podendo ser realizado no campo e se mostra uma técnica econômica quando comparado ao uso do nitrogênio líquido (GRAMACHO, 1999; GRAMACHO *et al.*, 1999). É uma técnica simples, facilmente operada pelo apicultor e que deve ser utilizada para a seleção de suas melhores colmeias (GRAMACHO, 1999).

3.5.2 Infestação por ácaro *Varroa destructor*

O ácaro *Varroa destructor* é o ectoparasita que afeta as abelhas do gênero *Apis* durante o período de seu desenvolvimento e na fase adulta. A infestação ou parasitismo na colônia causa a doença conhecida como varroatose. Esse ectoparasita necessita da hemolinfa e das gorduras de seu hospedeiro para completar seu ciclo de vida, (ROSENKRANZ; AUMEIER; ZIELGELMENN, 2010; CASTAGNINO, PINTO; CARNEIRO, 2016). Ácaros adultos inserem suas peças bucais no corpo das abelhas adultas e em fase de pupa, sugando-as, diminuindo o vigor das abelhas e por conseguinte de toda a colônia. Grandes infestações são devastadoras, afetando enormemente a produtividade e aumentando o risco de transmissão de doenças bacterianas e virais. (DUAY; DE JONG; ENGELS, 2002; DAHLE, 2010; RYABOV *et al.*, 2017; TRAYNOR *et al.*, 2020).

A entrada do ácaro no Brasil ocorreu através de rainhas importadas do Paraguai por apicultores da região paulista no ano de 1972 sem registros de mortalidade (MORSE; GONÇALVES, 1979). Outro fator verificado é que em abelhas africanizadas as taxas de infecção encontradas são baixas (DE JONG, 1997; DE JONG *et al.*, 2016). Os efeitos do ácaro podem acarretar em malformações nas estruturas das abelhas como: abdômen, asas, pernas, ocorrendo também diminuição no peso, tamanho, reduz a longevidade e a resistência a outros tipos de doenças (DE JONG, 1997; BEESTMA *et al.*, 1999; SAMMATARO *et al.*, 2000).

Até o presente momento não há tratamento eficaz contra o ácaro, e o uso contínuo de acaricidas tem levado à resistência dos ácaros e contaminação dos produtos da colmeia (LODESANI, 2004; BOGDANOV, 2006). Alternativas tem sido testada como a utilização de produtos naturais, e melhoramento genético associado ao manejo integrado. Damiani *et al.*, (2010), verificou a utilização da própolis por meio de pulverização de abelhas e encontrou resultados promissores como tratamento acaricida. Vale salientar que outros estudos devem ser executados com o intuito de ajustar as dosagens e a concentração desse potencial acaricida natural. Popova *et al.*, (2014) em seu estudo selecionou abelhas tolerantes e não tolerantes ao ácaro *Varroa destructor* e verificou que as abelhas que mais coletaram resina de própolis foram as colônias não tolerantes ao ectoparasita. Este resultado pode demonstrar que abelhas doentes ou parasitadas tendem a coletar mais própolis no intuito de benefícios a saúde. A utilização da própolis pelas abelhas indica que a dinâmica do vírus transmitido pelo *V. destructor* pode ser interrompido, o que corrobora com a importância dessa resina na saúde das abelhas (DRESCHER *et al.*, 2017).

3.5.3 Incidência de *Nosema*

Uma das doenças com maiores impactos econômicos em todo o mundo é a nosemose. Dois tipos de microsporídios, *Nosema apis* e *Nosema ceranae* (Microspora, Nosematidae), que desenvolvem esporos e infectam as células epiteliais do intestino de abelhas adultas, podem ser a causa desta doença (TRAVEL, 2011). Atualmente, a *Nosema ceranae* tem um domínio global maior do que *Nosema apis* (KLEE *et al.*, 2007, MARTIN-HERNANDÉZ *et al.* 2007; INVERNIZZI *et al.*, 2009; MARTÍNEZ *et al.*, 2012). As abelhas adultas são infectadas com o microsporídio após ingerir alimentos ou

água contaminados. Os esporos se desenvolvem na porção média do intestino da abelha, onde ela lança seu filamento tubular para emissão dos seus esporos, na luz das células epiteliais do intestino. Os esporos são então expelidos junto as fezes criando novas fontes de infecção para a colônia (CHEN *et al.*, 2008). A nosebose ou “diarreia das abelhas” leva drástica diminuição da produtividade e em casos extremos a morte da colônia (HIGES *et al.*, 2009).

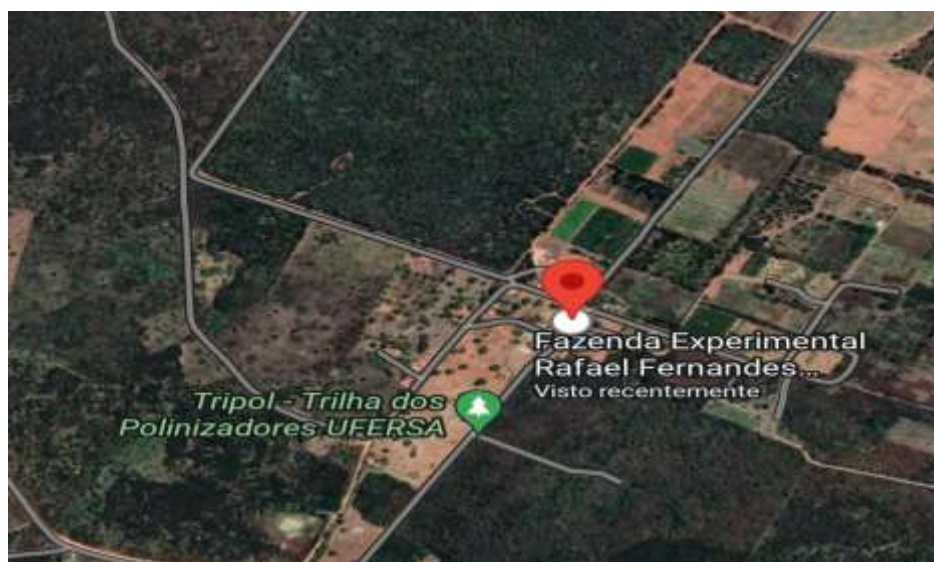
A relação entre Nosema e própolis ainda não é completamente compreendida, mas alguns estudos sugerem que a própolis pode ter propriedades antimicrobianas que ajudam as abelhas a combater infecções por Nosema. Por exemplo, um estudo mostrou que a administração de própolis reduziu a carga de esporos de Nosema em abelhas (MARTÍN-HERNÁNDEZ *et al.*, 2007). Outro estudo sugeriu que a própolis pode ajudar a modular a resposta imune das abelhas a infecções por Nosema (GAREDEW *et al.*, 2015). No entanto, mais pesquisas são necessárias para entender completamente a relação entre própolis e Nosema.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

A pesquisa foi realizada no setor de apicultura, onde também está situado o Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura (NCTA), localizado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), situada na comunidade de Alagoinhas, zona rural de Mossoró-RN (Figura 1), com as seguintes coordenadas geográficas: 5°03'37" de latitude sul, 37°23'50" de longitude oeste. A fazenda fica aproximadamente a 20 km da sede da universidade e possui extensão territorial de 419 hectares. O município de Mossoró-RN possui a temperatura média anual em torno de 27,4°C, umidade relativa do ar de 70%, o clima é tropical semiárido com precipitação média anual de 673,9 mm (CARMO FILHO *et al.*, 1987).

Figura 1. Localização da fazenda experimental Rafael Fernandes-UFERSA.



Fonte: Google maps

4.2 Desenvolvimento do experimento em campo

4.2.1 Pré-seleção de colônias quanto a presença de própolis

A produção de própolis das colmeias pode sofrer influência de fatores ambientais bem como a genética das abelhas com aptidão para coletar própolis, desta forma, para uniformizar o experimento e diminuir possíveis variações, foram pré-selecionadas colônias do apiário experimental que apresentavam capacidade na produção de própolis. Para tal, foi feita a seleção maçal de colônias que apresentavam própolis nas tampas ou laterais de suas caixas (modelo Langstroth) no período de julho de 2021. Inicialmente

foram pré-selecionadas 26 (vinte e seis) colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*), compostas de rainhas acasaladas naturalmente e que apresentavam visualmente própolis de coloração esverdeada na colmeia independentemente da quantidade (Figura 2). Para a padronização do experimento e otimização das futuras etapas, uma colmeia que apresentou maior quantidade de própolis nesta fase foi selecionada para a produção de rainhas, ocasionando em rainhas irmãs.

Figura 2. Colônia de abelhas africanizadas com tendência propolizadora para própolis verde.



No período seco (período que corresponde a entressafra, que vai do final de setembro até fevereiro) as colônias foram mantidas com alimentação artificial, dieta proteica a base de milho e soja (proporção de 60:40) e energética (xarope na proporção de 1:1 de água e açúcar cristal), ofertada uma vez por semana em virtude da escassez de alimento na natureza. Próximo ao apiário foram instalados bebedouros para fornecer água *ad libitum*.

4.2.2 Instalação das colmeias em duas condições experimentais

Para este estudo, as colmeias foram divididas em dois grupos experimentais distintos: colmeias expostas a radiação solar direta (Figura 3A) e colmeias protegidas da radiação solar direta através de sombreamento artificial (Figura 3B). O intuito do sombreamento foi proporcionar um ambiente de conforto térmico para as abelhas, que foi obtido através da proteção contra a radiação solar, de acordo com a metodologia utilizada

por Domingos *et al.* (2022). Por outro lado, manter as colmeias sem nenhuma proteção a radiação solar direta, permite que as abelhas entrem em um estado de estresse térmico, segundo os mesmos autores. Dessa forma, e seguindo a mesma metodologia, as colmeias expostas a radiação solar direta foram chamadas de abelhas em estresse térmico, e as abelhas protegidas da radiação solar foram denominadas de abelhas em conforto térmico.

Figura 3. A) Colmeias em estresse térmico (expostas a radiação solar direta. B) Colmeias em conforto térmico (protegidas da radiação solar direta através de sombreamento artificial).



A proteção contra a radiação solar direta foi feita colocando as colmeias embaixo de uma latada (estrutura com armação em madeira e com cobertura de folhas de coqueiro, com 27 metros de comprimento, 4 metros de largura e 3 metros de altura, disposta na orientação Leste-Oeste, como mostrado na Figura 4. Todas as colmeias do experimento foram colocadas em suportes de cimento com a distância de 2 metros entre caixas. Levou-se em consideração, para a escolha do local em que o apiário foi instalado, a presença de árvores de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), considerada como a fonte vegetal que dá origem à própolis verde da Caatinga (FERREIRA *et al.*, 2017).

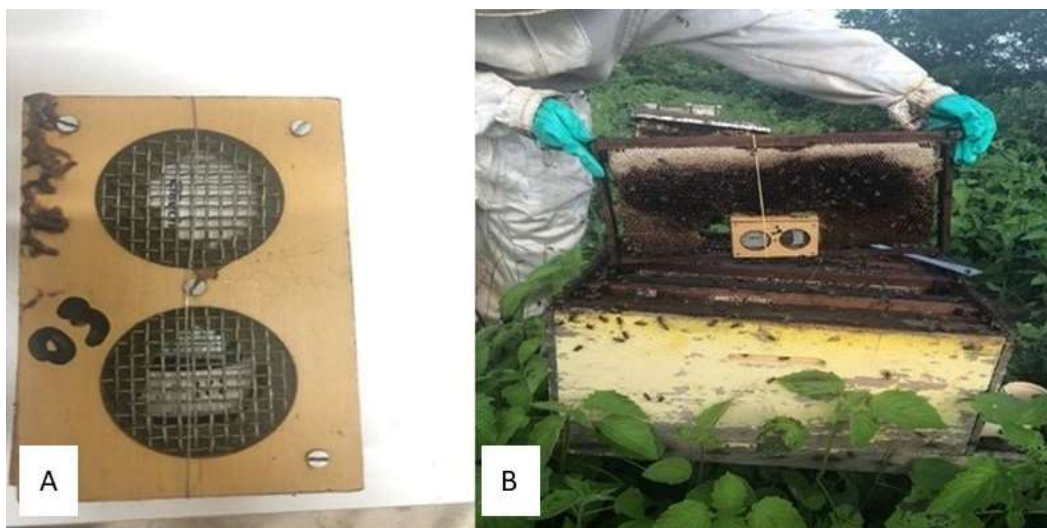
Figura 4. Estrutura com armação em madeira e com cobertura de folhas de coqueiro, disposta na orientação Leste-Oeste para proteger as colmeias da radiação solar direta.



4.2.3 Temperatura e umidade interna da colmeia

Todas as colônias foram monitoradas quanto a temperatura e umidade interna. Para o monitoramento destas variáveis, foram utilizados dataloggers (modelo RC-4 Elitech), que foram acondicionados em caixas de madeira teladas (Figura 5A) e fixado em um quadro central (Figura 5B). As caixas de madeira foram utilizadas para proteger os sensores da propolização. Os dados obtidos pelos dataloggers foram programados para serem coletados a cada 10 minutos, totalizando 144 medições diariamente.

Figura 5. Instalação dos dataloggers para coleta de temperatura e umidade interna da colmeia. (A) datalogger protegido em caixa de madeira, (B) Instalação do datalogger no quadro central.



4.2.3 Teste Piloto

A primeira etapa deste experimento consistiu em um teste piloto, onde das 26 colônias pré-selecionadas, oito colônias foram utilizadas para avaliar se o uso dos coletores causava alguma influência na homeostase da colônia, sendo quatro colônias em condição de estresse térmico e quatro em conforto térmico, no período de 10 de janeiro a 10 de março. Em ambos os tratamentos as colmeias foram subdivididas em 2 subtratamentos, a saber: colmeias com coletor e datalogger e colmeias apenas com datalogger (grupo controle) (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição das colônias de abelhas africanizadas submetidas a condições de conforto e estresse térmico para avaliação da produção de própolis de jurema preta no projeto piloto.

Colmeia	Tratamento	Subtratamento
1	Conforto Térmico	Datalogger (CONTROLE)
2		Coletor + datalogger
3		Datalogger (CONTROLE)
4		Coletor + datalogger
7	Estresse térmico	Coletor + datalogger
8		Datalogger (CONTROLE)
9		Coletor + datalogger
10		Datalogger (CONTROLE)

4.2.4 Avaliação da produção de própolis

Com o objetivo de avaliar se a produção de própolis tem relação com o conforto térmico, foram selecionadas as 12 colônias (que apresentavam uma maior concentração de própolis na colmeia) das 26 anteriormente pré-selecionadas como produtoras de própolis. Estas foram divididas, ao acaso, nos dois grupos experimentais, sendo 6 colmeias expostas a radiação solar direta e 6 colmeias em ambiente sombreado, no período de março à setembro de 2022.

O coletor de própolis utilizado foi o modelo tipo “TIRA E PÕE” colocado nas melgueiras contendo apenas uma abertura de cada lado. Inicialmente os coletores foram

colocados entre o ninho e a tampa, e para evitar pilhagem e morte de abelhas, os mesmos foram telados por duas semanas. Nesta fase, as colmeias foram observadas semanalmente com o objetivo de verificar a produção. Os coletores que apresentavam própolis eram recolhidos do campo e levados ao laboratório (Figura 6 A). No laboratório, a própolis foi retirada do coletor com o auxílio de uma faca inox higienizados (Figura 6 B e 6 C), acondicionada em saco plástico alimentício, etiquetados com a quantidade, número da colmeia e peso (Figura 6 D). O material foi acondicionado em freezer para futura análise de composição química.

Figura 6. Retirada da própolis em laboratório (A), lâmina de própolis (B), lâmina de própolis acondicionada em saco plástico e pesada (C) e sacos de própolis etiquetados (D).



4.2.4.3 Variáveis ambientais externas

Para mapeamento das condições climáticas locais, as variáveis meteorológicas temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), precipitação pluviométrica (mm) e radiação solar (W/m^2), foram obtidas a partir de uma Estação Meteorológica automática, situada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes no período de março a outubro de 2022.

4.2.4.4 Avaliação do comportamento higiênico

Com intuito de avaliar se o comportamento higiênico nas colmeias de abelhas africanizadas, tanto em conforto térmico, como em estresse térmico, tem alguma relação com a produção de própolis, as colônias foram submetidas ao teste do comportamento higiênico, utilizando método de perfuração de crias, descrito por Newton e Ostasiewski (1986) modificado por Gramacho e Gonçalves (2009).

Para cada colônia, um quadro de cria operculada de abelhas operárias foi selecionado e neste foi delimitado duas áreas distintas, onde: (A) área perfurada com alfinete entomológico de maneira a atingir o meio da pupa e (B) área não perfurada, como controle. Cada área em formato de paralelogramo (losango), contendo 100 células ($10 \times 10 \text{ cm}$) (Figura 7A). Depois de realizado esse processo, o quadro teste foi devolvido a sua colônia de origem, e após 24 horas foi verificado a taxa de remoção das crias mortas (TRCM) (Figura 7B). Os dados coletados em campo foram anotados com o auxílio de uma ficha contendo os números de células operculadas, vazias e removidas em 0 horas e em 24 horas, tanto para o tratamento quanto controle (Quadro 1).

Quadro 1. Ficha de anotação dos dados coletados para a determinação do comportamento higiênico (CH %) em abelhas africanizadas.

COLMEIA N°:	PERFURAÇÃO		CONTROLE	
	0 h	24 h	0 h	24 h
N° de células operculadas (CO)				
N° de células vazias (CV)				
N° células totais (NCT): 100				

Foram realizadas no total 4 coletas, uma coleta a cada mês, no período de fevereiro a maio de 2022, totalizando 4 repetições por colmeia.

A taxa do comportamento higiênico (CH) foi obtida pela seguinte fórmula:

$$CH = \left[\left(\frac{n^{\circ} CV24horas - n^{\circ} CV0horas}{n^{\circ} CO0 horas} \right) \times 100 \right] - Z$$

onde:

CH - Taxa do comportamento higiênico;

CV24horas - número de células limpas após 24 horas;

CV0horas - número de células vazias no tempo 0 horas;

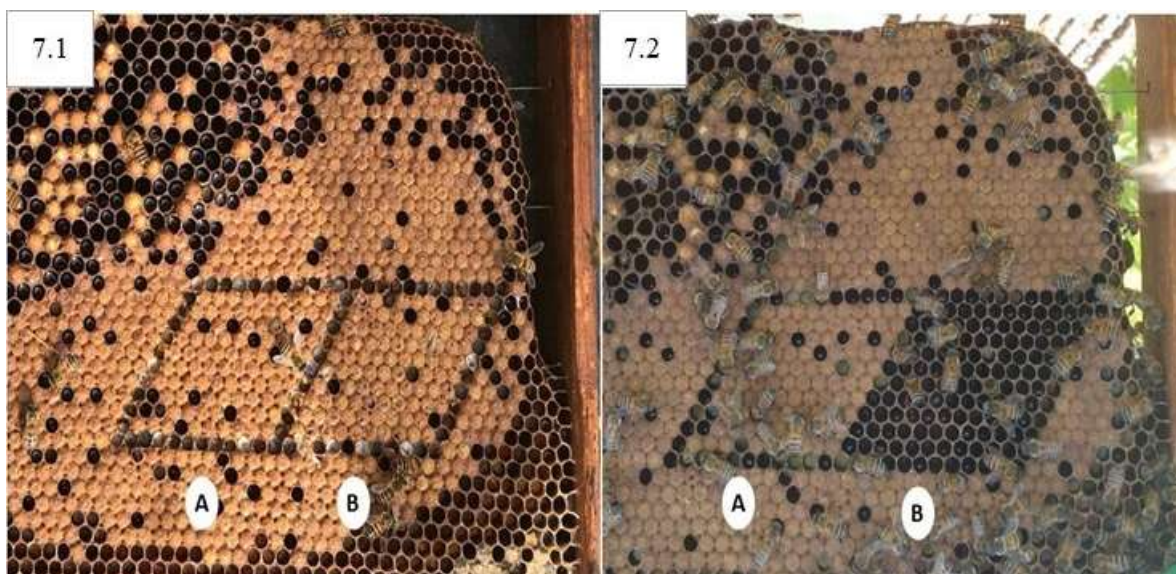
CO0horas - número de células operculadas em 0 horas;

Z - Fator de correção.

O fator de correção foi calculado considerando o número de células limpas em 24 horas (CV24horas) no controle, subtraído do número de células limpas 0 horas (CV0horas) no controle, dividido pelo número de células operculadas 0 horas (CO0horas) no controle, multiplicado por 100, como mostrado na fórmula abaixo:

$$Z = \left(\frac{n^{\circ} CV24horas - n^{\circ} CV0horas}{n^{\circ} CO0horas} \right) \times 100$$

Figura 7. Quadro teste com crias operculadas de abelhas operárias. Demonstração da área de crias para avaliação do comportamento higiênico pelo método de perfuração de crias. (7.1) áreas (A) perfurada e (B) controle no tempo 0 horas e (7.2) área no tempo 24 horas a (A) controle e (B) perfurada e limpa.



4.2.4.5 Avaliação da taxa de infestação do ácaro *V. destructor* em abelhas operárias adultas

Com o intuito de avaliar se a taxa de infestação do ácaro *V. destructor* em abelhas operárias adultas tanto em conforto térmico, como em estresse térmico, tem alguma relação com a produção de própolis, foi realizado a avaliação da taxa de infestação deste ácaro.

Os testes aconteceram de fevereiro à agosto de 2022, totalizando 7 repetições. Para determinar a taxa de infestação por varroa, foram coletadas aproximadamente 300 abelhas adultas dos favos de crias no centro de cada colônia (Figura 8A) que, posteriormente, foram transferidas para um pote plástico devidamente identificado (Figura 8B), contendo aproximadamente 50 mL de álcool 70% (DIETEMANN *et al.*, 2013). As abelhas coletadas foram encaminhadas para o laboratório de apicultura para serem analisadas, onde foram agitadas e, posteriormente, filtradas em uma tela de malha fina que permitia apenas a passagem do ácaro e não da abelha. Após a agitação e passagem em peneira para separação dos ácaros das abelhas, foi feita a contagem das abelhas e dos ácaros. Para calcular a porcentagem de abelhas infestadas pelo ácaro foi utilizado a seguinte equação:

$$TI = \left(\frac{VD}{AA} \right) \times 100$$

Onde:

TI= taxa de infestação em abelhas adultas;

VD= número de ácaros encontrados;

AA= número de abelhas adultas.

Figura 8. Coleta de abelhas (A), armazenamento e identificação dos potes (B) com abelhas coletadas em campo para análise em laboratório.



4.2.4.6 Avaliação da taxa de infecção de *Nosema* sp

A avaliação da taxa de infecção por esporos de *Nosema* sp em abelhas operárias adultas das colmeias instaladas tanto em conforto térmico, como em estresse térmico, foi realizada para verificar se tem alguma relação com a produção de própolis.

A presença da infecção por esporos de *Nosema* sp. nas amostras de abelhas *Apis mellifera* se deu a partir do protocolo desenvolvido pelo Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura (NCTA). Em campo, foram coletadas amostras com aproximadamente 50 abelhas operárias de cada colônia experimental. Essas abelhas foram coletadas no alvado da colmeia, para garantir a coleta de apenas abelhas forrageadoras. Com um auxílio de uma vassourinha de apicultor, essas abelhas foram transferidas para um recipiente (com tampa) contendo álcool 70ºGl, devidamente identificado com o número da respectiva colmeia e tratamento.

Em laboratório, foram retiradas 25 abelhas de cada recipiente identificado e posteriormente distribuídas em uma placa de petri para a retirada do abdômen com o auxílio de uma lâmina (Figura 9). Os abdomens foram colocados em cadinhos e macerados com 1ml de água destilada. Em seguida foi colocado mais 24 ml de água destilada na solução macerada, totalizando 25 ml de uma solução aquosa do macerado dos abdomens para análise.

Figura 9. Retirada do abdômen de abelhas com o auxílio de uma lâmina para maceração e posterior análise de esporos.

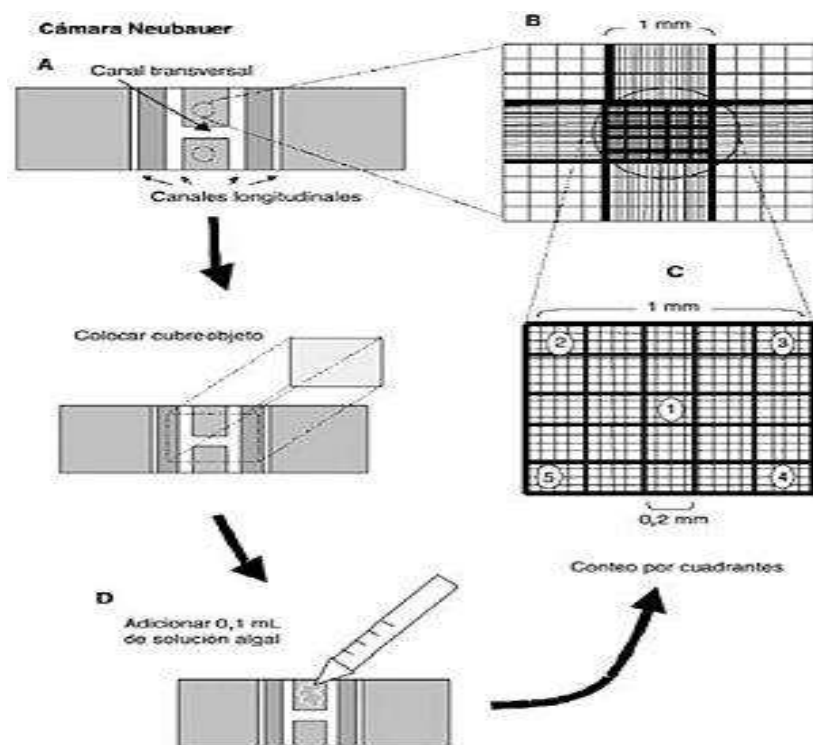


Deste macerado foram retirados 70 µl (microlitros) e acondicionados em eppendorfs identificados com a numeração da colmeia de acordo com o tratamento. Na câmara de Neubauer (Figura 10) foi adicionado uma gota desta solução e em microscópio óptico com a lente objetiva de 40x e 100x, em seguida, realizou-se a contagem dos esporos dentro dos 5 quadrantes determinados. Para a contagem foram observados a quantidade de esporos apenas dentro dos 5 quadrantes. Para calcular a quantidade de *Nosema* sp foi utilizado a seguinte equação:

$$NEA(mm^3) = \frac{NTE}{80} \times 4.10^6$$

A estimativa de esporos encontrados nas abelhas e o nível da infecção baseada na escala descrita por Cornejo e Rossi (1975) para milhões de esporos por mm³, segue na Tabela 3.

Figura 10. Câmara de Neubauer esquematizando: A) canais longitudinais e canal transversal; B) quadrantes em aumento de 10x em microscópio óptico; C) quadrantes de análises; D) adicionado o conteúdo de análise e o local onde foi colocada a lamínula.



Fonte: <http://citologia-biomedicina.blogspot.com/2011/03/>

Tabela 3. Estimativa da infecção por *Nosema*.

Intensidade da infecção	Esporos por abelhas (mm ³)
Nula	0
Muito leve	0,01 - 1,00
Leve	1,00 - 5,00
Regular	5,00 - 10,00
Semi-severa	10,00 – 20,00
Severa	> 20,00

4.3 Análises estatísticas

O pressuposto de normalidade dos dados foi verificado utilizando o teste de Shapiro-Wilk. Em caso de rejeição, as comparações de temperatura e umidade foram feitas utilizando o teste de Mann-Whitney. As análises de Comportamento higiênico, *Varroa destructor* e *Nosema* sp. foram comparadas pelos testes Mann-Whitney para comparação entre tratamentos, e Kruskal-Wallis seguido do *post-hoc* de Dunn para comparações mensais, uma vez que não houve homoscedasticidade. O software R (R Core Team, 2022) versão 4.2.0 foi utilizado para a análises estatísticas. O nível de significância de todas as análises foi de 5%.

5 RESULTADOS

5.1 Teste piloto

Na avaliação da influência dos coletores na homeostase da colônia, foi observado que houve diferença significativa entre a média de temperatura interna ($\chi^2 = 8854,2$, GL = 3, p-valor $< 2.2e^{-16}$) e umidade interna ($\chi^2 = 4548.7$, GL = 3, p-valor $< 2.2e^{-16}$) entre os tratamentos e subtratamentos conforme observado na tabela 4.

A média de temperatura e da umidade interna das colmeias em estresse térmico foi de $34,62 \pm 0,08$ °C e $66,36 \pm 0,63\%$, respectivamente. Já as colmeias em conforto térmico apresentaram uma temperatura média de $33,83 \pm 1,00$ °C e umidade média de $68,94 \pm 1,67\%$. Ao verificar as temperaturas e umidades internas das colmeias por subtratamentos (presença ou ausência de coletor) foi observado nas colmeias em estresse térmico e com a presença do coletor, os valores de $34,74 \pm 0,71$ °C e $65,52 \pm 3,19\%$ para temperatura e umidade interna. Colmeias desse tratamento que não receberam coletores e apresentaram médias de $34,56 \pm 0,01$ de temperatura interna e $66,25 \pm 3,05$ de umidade interna. Da mesma forma, as colmeias em conforto térmico e sem o coletor apresentaram média de temperatura de $33,09 \pm 1,28$ °C e de $68,05 \pm 2,23\%$ para umidade interna enquanto que as colmeias desse tratamento que receberam o coletor apresentaram valores médios de $34,56 \pm 0,27$ °C e $65,84 \pm 0,12\%$ para temperatura e umidade interna, respectivamente, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4. Média e desvio padrão da temperatura (°C) e umidade (%) interna das colmeias por tratamentos (estresse térmico e conforto térmico) e seus sub-tratamentos.

Tratamento	Subtratamento	Temperatura (°C) ±desvio padrão	Umidade (%) ±desvio padrão
Estresse térmico	Com coletor	$34,74 \pm 0,71$	$65,52 \pm 3,19$
	Sem coletor	$34,56 \pm 0,01$	$66,25 \pm 3,05$
Conforto térmico	Com coletor	$34,56 \pm 0,27$	$65,84 \pm 0,12$
	Sem coletor	$33,09 \pm 1,28$	$68,05 \pm 2,23$

5.2 Temperatura e umidade interna das colmeias

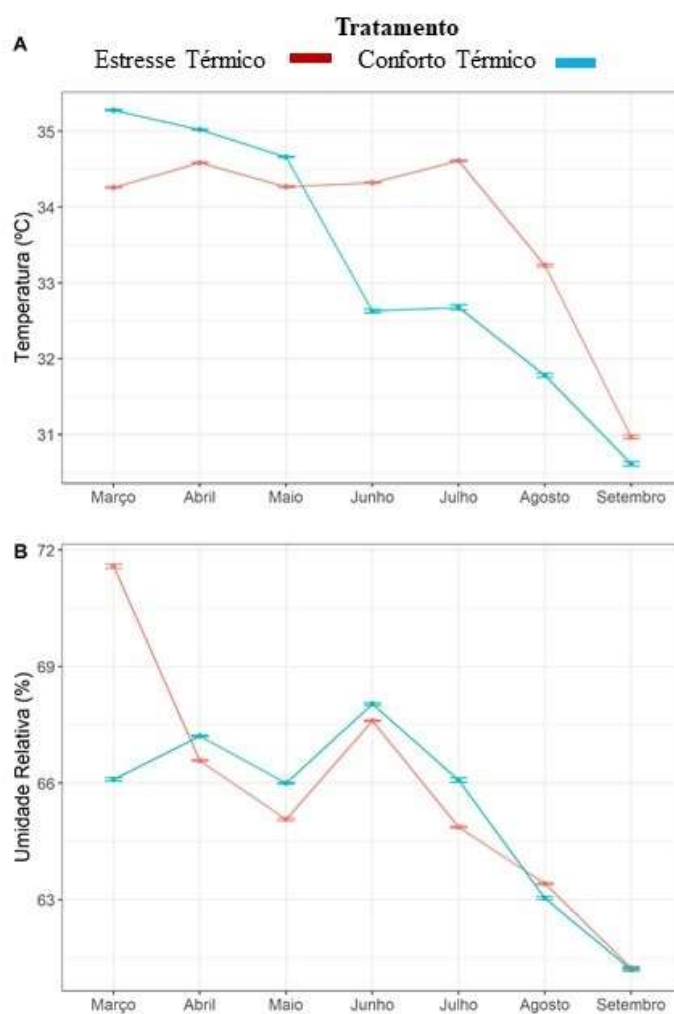
Foi observado (Tabela 5) que houve diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as médias de temperatura e umidade interna para as abelhas mantidas em estresse térmico e em conforto térmico ao longo dos meses, como demonstra a figura 11. Com exceção dos meses de março, abril e maio, as médias da temperatura interna se mantiveram menor quando as abelhas estavam em conforto térmico quando comparadas com as abelhas em estresse térmico. A umidade interna das colônias apresentou comportamento semelhante ao longo dos meses.

Tabela 5. Temperatura e umidade interna mensal dentro de cada tratamento.

Mês	W Temperatura	p-Valor	W Umidade	p-Valor
Março	41468901,5	<0.0001 *	48491422,5	<0.0001 *
Abril	41510274	<0.0001 *	55475594,5	<0.0001 *
Maio	19038478	<0.0001 *	20168558,5	<0.0001 *
Junho	136527660	<0.0001 *	113367579	< 0,0001*
Julho	48674966,5	<0.0001 *	36612874	< 0,0001*
Agosto	140974300,5	<0.0001 *	131714121,5	<0.0001 *
Setembro	86281996	<0.0001 *	79152692,5	0,019769*

*nível de 5% de significância

Figura 11. Variação da temperatura interna média e erro padrão (A) e umidade interna média e erro padrão (B) das colmeias nos dois tratamentos (estresse e conforto térmico) durante os meses de março a setembro de 2022.



5.3 Variáveis ambientais meteorológicas

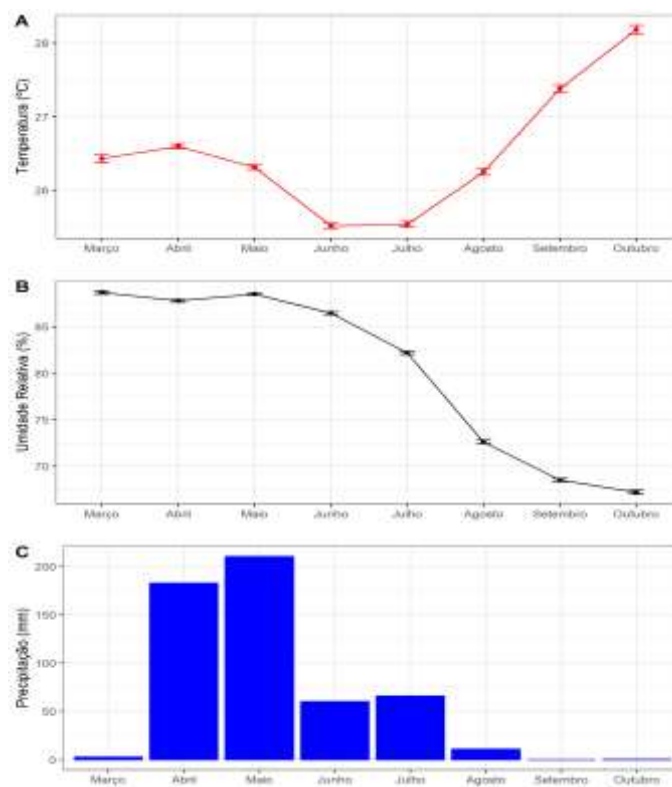
A tabela 6 mostra os valores médios, máximos e mínimos da temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica acumulada, observados durante o período experimental, compreendido entre março e outubro de 2022. Na figura 12 os valores médios para as mesmas variáveis.

Tabela 6. Valores médios, mínimos e máximos da temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica por mês observadas na cidade de Mossoró -RN nos períodos de março a outubro de 2022.

Mês	Temperatura do ar (°C)			Umidade relativa do ar (%)			Precipitação pluviométrica do ar (mm)
	Min	Méd±EPM*	Máx	Min	Méd±EPM	Máx	
Março	22,0	26,4±0,05	35,3	55,5	88,6±0,18	97,4	2,8
Abril	21,3	26,5±0,03	36,9	53,6	87,7±0,12	100	182,6
Maio	21,2	26,3±0,03	34,4	56,3	88,5±0,11	100	210,2
Junho	19,3	25,5±0,03	33,8	48,9	86,4±0,13	100	60,2
Julho	17,8	25,5±0,03	35,7	39,2	82,1±0,15	100	65,8
Agosto	17,0	26,2±0,04	38,1	27,8	72,6±0,19	100	11
Setembro	18,8	27,3±0,04	37,7	27,8	68,5±0,17	95,6	0
Outubro	19,7	28,1±0,05	38,9	29,5	67,2±0,21	96,1	0,2
Média±EPM do Período	19,6	26,4±0,04	36,3	42,3	80,2±0,16	98,6	532,8

*EPM – Erro padrão da média

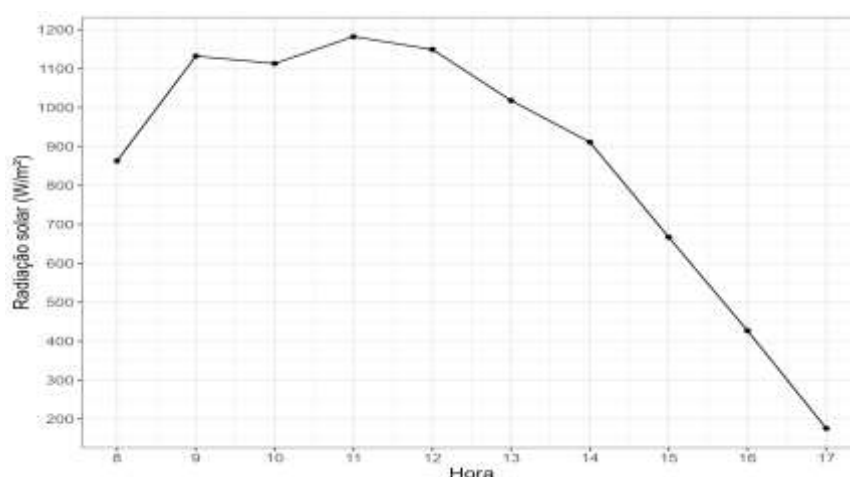
Figura 12. Gráfico das variáveis ambientais: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação pluviométrica acumulada observadas em Mossoró-RN no período de março a outubro de 2022.



Durante o período experimental, a média da temperatura do ar foi de 26,4°C com valor máximo de 36,3°C e valor mínimo de 19,6°C. O valor máximo encontrado para a umidade relativa do ar foi de 98,6%, sendo o valor mínimo 42,3% e a média 80,2%. O acumulado de chuvas no período experimental foi de 532,8 mm, distribuídos principalmente entre os meses de abril a julho, sendo que 74% foi acumulado em abril e maio com 182,6 e 210,2 mm, respectivamente.

A figura 13 mostra os valores médios da radiação solar observados por hora, no período das 8 às 17 horas. Conforme demonstrado essa variável apresenta bastante alteração ao longo do dia, chegando a valores máximos de 1182 W/m² nos horários mais quentes do dia, compreendido entre 11 e 12 horas.

Figura 13. Valores médios da radiação solar observados por hora entre os meses de março a setembro de 2022.



5.4 Produção de própolis

Houve diferença estatística ($W = 1108.5$, $p\text{-valor} = 0.01613$) na produção de própolis entre os tratamentos conforto térmico e estresse térmico. A produção de própolis foi significativamente maior quando as abelhas estavam em conforto térmico, sendo que a produção nesta condição experimental foi de 270,5 gramas. Por outro lado, a produção de própolis quando as abelhas estavam em estresse térmico foi de 125,9 gramas, ou seja, uma diferença de 144,6 gramas (46,54% a mais), conforme demonstrado na figura 14 e na figura 15 que mostra essa variação ao longo dos meses.

Figura 14. Produção total de própolis (g) para as abelhas em conforto térmico e para as abelhas em estresse térmico, observados durante o período experimental.

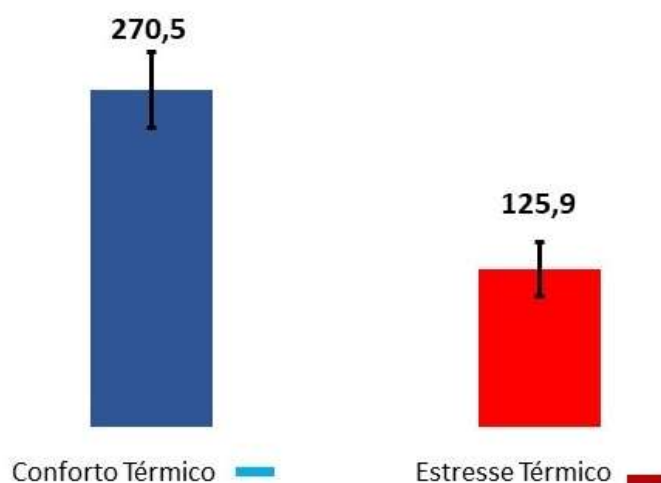
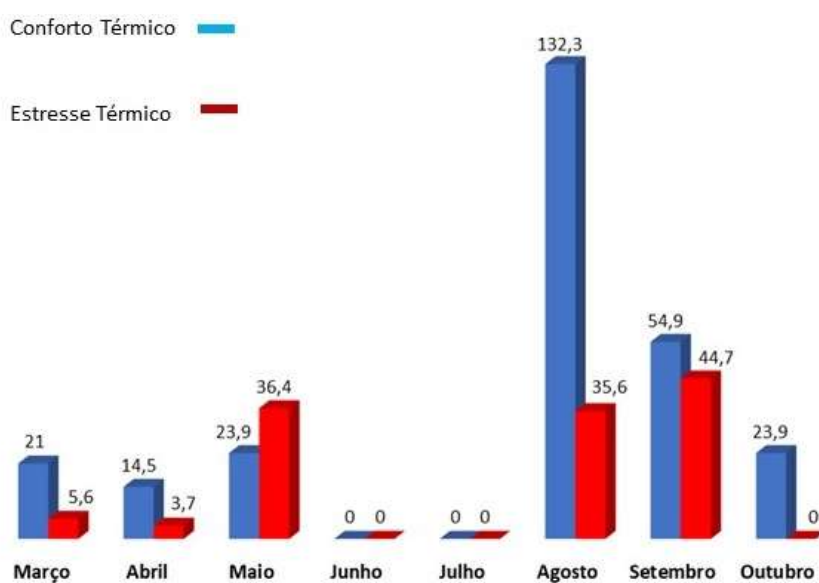


Figura 15. Gráfico da produção total de própolis (g) por mês para as abelhas em conforto térmico e para as abelhas em estresse térmico, observados durante o período experimental.



A tabela 7 encontram-se os valores de produção de própolis (g) por colônias de abelhas africanizadas em condições de conforto e estresse térmico, durante os meses de março a outubro de 2022. A maior produção de própolis observada no tratamento em

conforto térmico foi obtida nas colmeias 2, 3, 4 e 5, com destaque para a colmeia 4 que foi responsável por 46,6% da produção no período (125,7 gramas). No tratamento em estresse térmico, a maior produção foi das colmeias 10 e 12 (107,2 gramas) representando 85% do total. Dentre as 12 colônias experimentais, as colmeias 6 e 8, sombra e sol, respectivamente, não apresentaram nenhuma produção de própolis no período experimental.

Tabela 7. Produção de própolis (g) por colônias de abelhas africanizadas em condições de conforto e estresse térmico, durante os meses de março a outubro de 2022.

Meses	Conforto Térmico						Total/mês
	1	2	3	4	5	6	
Março	4,4	0	7,7	8,9	0	0	21
Abril	2,9	6,3	1,3	4	0	0	14,5
Maio	0	0	6	17,86	0	0	23,86
Junho	0	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	18,6	0	84,3	29,4	0	132,3
Setembro	0	14	16,1	10,7	14,1	0	54,9
Outubro	0	0	23,9	0	0	0	23,9
Total/colmeia	7,3	38,9	55	125,76	43,5	0	270,5
Meses	Estresse Térmico						Total/mês
	7	8	9	10	11	12	
Março	0	0	0	0	0	5,58	5,58
Abril	3,7	0	0	0	0	0	3,7
Maio	0	0	0	28,3	8,1	0	36,4
Junho	0	0	0	0	0	0	0
Julho	0	0	0	0	0	0	0
Agosto	0	0	0	6	0	29,6	35,6
Setembro	2	0	5	20,6	0	17,1	44,7
Outubro	0	0	0	0	0		0
Total/colmeia	5,7	0	5	54,9	8,1	52,3	125,9

5.5 Comportamento Higiênico (CH)

Neste trabalho as colônias avaliadas apresentaram uma taxa de remoção ou limpeza de células igual ou superior a 89% num intervalo de 24 horas, sendo que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($W=357.5$, p-Valor 0.1508) como demonstrado na Figura 17. As médias por colmeia e tratamento estão descritas na Tabela 8.

Figura 16. Taxa do comportamento higiênico obtido das colônias de abelhas africanizadas (*A. mellifera*) em conforto térmico e em estresse térmico.

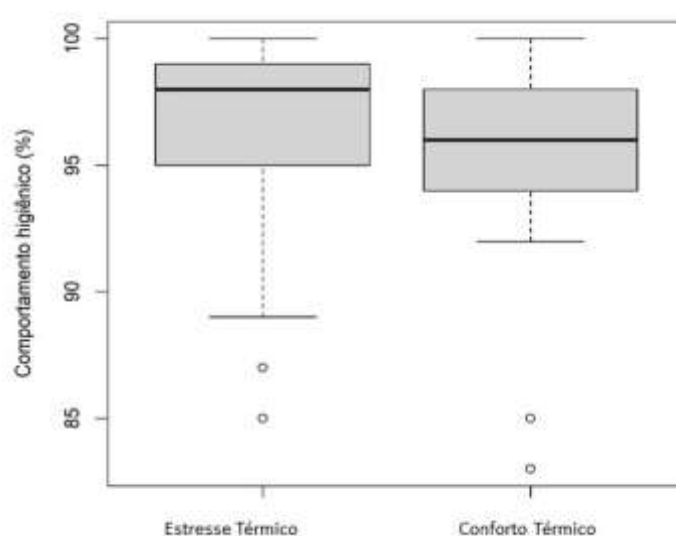


Tabela 8. Média e desvio padrão do teste do comportamento higiênico (CH) em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.

Colmeia	Tratamentos	Comportamento higiênico (Média± desvio padrão)
1	Conforto Térmico	97,75±2,63
2		89,00±5,83
3		95,75±2,99
4		95,75±2,50
5		98,00±0,82
6		96,25±1,26
Média± desvio padrão		95,42±4,13

7		90,25±6,70
8		98,50±0,58
9		97,50±1,91
10	Estresse Térmico	95,50±4,04
11		97,75±2,63
12		98,25±2,36
Média± desvio padrão		96,29±4,33

Não houve correlação significativa entre o comportamento higiênico e a produção de própolis, tanto para as colmeias em estresse térmico ($W=0,074625$, $p\text{-Valor}=0,728927$) quanto para as colmeias em conforto térmico ($W=0,076868$, $p\text{-Valor}=0,721091$), conforme demonstrado da Tabela 9.

Tabela 9. Correlação de Pearson entre o comportamento higiênico e produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas em conforto térmico e em estresse térmico.

	Tratamento	CH	p-Valor
Própolis	Estresse Térmico	0,074625	0,728927
Própolis	Conforto Térmico	0,076868	0,721091

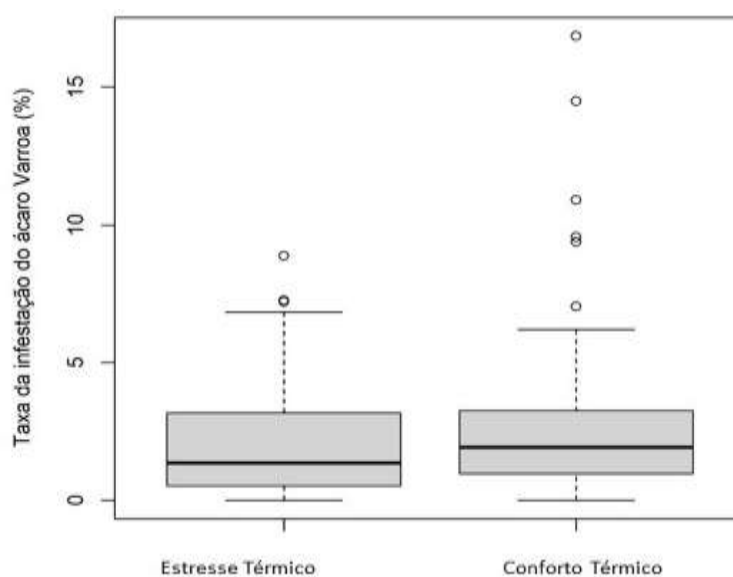
5.6 Infestação por ácaro *Varroa destructor*

A Tabela 10 ilustra as médias e o desvio padrão da taxa de infestação pelo *V. destructor* das colônias avaliadas tanto em estresse térmico, como em conforto térmico. A média de infestação observada para as abelhas em conforto térmico foi de 3,05% e para as abelhas em estresse térmico foi de 2,18%, no entanto esses valores não diferiram estatisticamente (Figura 18), para esta variável nos dois tratamentos ($W = 967$, $p\text{-valor} = 0.1757$).

Tabela 10. Média e desvio padrão da infestação do ácaro *Varroa destructor* em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.

Colmeia	Tratamento	Infestação <i>V. destructor</i> (%)
		Média±desvio padrão
1	Conforto Térmico	7,50±6,49
2		4,23±2,84
3		1,84±1,18
4		2,60±1,81
5		1,71±1,10
6		1,16±0,92
Média± desvio padrão		3,05±3,49
7	Estresse Térmico	2,02±1,84
8		1,56±2,38
9		1,89±1,52
10		4,64±3,27
11		1,63±1,48
12		1,35±1,18
Média± desvio padrão		2,18±2,25

Figura 17. Taxa da infestação do ácaro *Varroa destructor* em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.



Não houve correlação significativa entre a taxa de infestação de *V. destructor* e a produção de própolis tanto para as colmeias em estresse térmico ($W=0,130729$, $p\text{-Valor}=0,375807$) quanto para as colmeias em conforto térmico ($W=-0,09694$, $p\text{-Valor}=0,512175$) conforme demonstrado da Tabela 11.

Tabela 11. Correlação entre taxa de infestação de *V. destructor* e produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas em conforto térmico e em estresse térmico.

	Tratamento	Varroa	p-Valor
Própolis	Estresse Térmico	0,130729	0,375807
Própolis	Conforto Térmico	-0,09694	0,512175

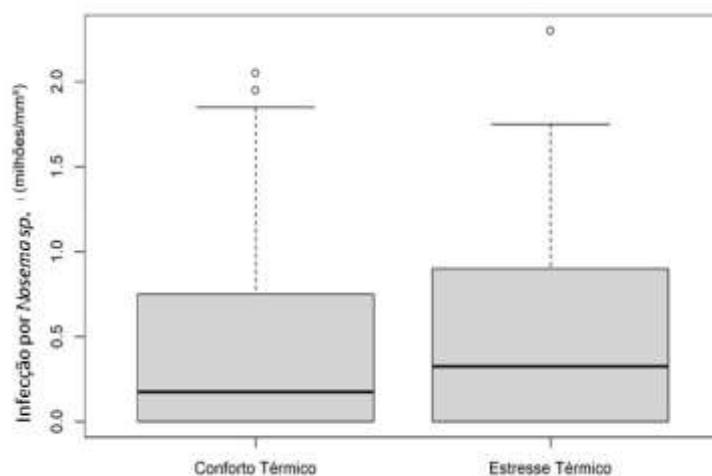
5.7 Avaliação da incidência de *Nosema* sp.

A tabela 12 mostra os valores mínimos, máximos, média e desvio padrão do número de esporos (milhões) observados nas colmeias em estresse térmico e em conforto térmico durante os meses experimentais. Essas médias não diferiram estatisticamente ($W=416$, $p\text{-Valor}=0,6162$) (Figura19). Os esporos de *Nosema* sp. foram encontrados em todos os tratamentos em um nível muito baixo de acordo com a estimativa da Tabela 3 da infecção por *Nosema*, onde o nível variou apenas de “muito leve” (0,01-1,00) a “leve” (1,00 – 5,00).

Tabela 12. Médias e desvio padrão, mínima e máximo do número de esporos (milhões) de *Nosema* sp. por mês nas abelhas em conforto e estresse térmico.

Mês	Tratamento	Min	Méd.± Desvio Padrão	Máx
Março	Conforto Térmico	0	0,05±0,06	0,15
Março	Estresse Térmico	0	0,11±0,13	0,3
Abril	Conforto Térmico	0	0,08±0,13	0,3
Abril	Estresse Térmico	0	0,29±0,34	0,8
Maio	Conforto Térmico	0,05	0,92±0,90	2,05
Maio	Estresse Térmico	0	1,34±1,07	2,3
Junho	Conforto Térmico	0,05	0,76±0,77	1,85
Junho	Estresse Térmico	0	0,52±0,44	1,2
Julho	Conforto Térmico	0	0,87±0,80	1,95
Julho	Estresse Térmico	0,15	0,70±0,49	1,55

Figura 18. Taxa da infecção de *Nosema* sp. em abelhas africanizadas em condição de estresse e conforto térmico.

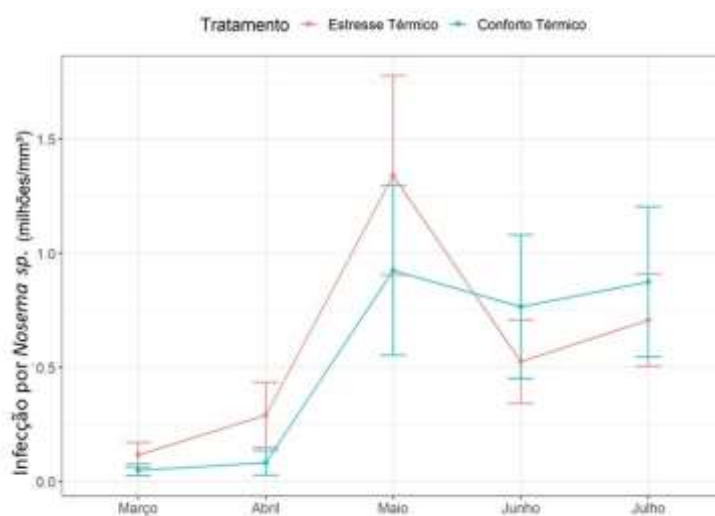


É possível observar na Tabela 13 e Figura 20, que não houve diferença significativa nos meses apresentados.

Tabela 13. Taxa de infecção de *Nosema* sp. por mês e tratamento.

Mês	W	p-valor
Março	13,5	0,4932
Abril	12	0,3260
Maio	16	0,8091
Junho	21	0,6991
Julho	20,5	0,7483

Figura 19. Média e erro padrão da incidência de *Nosema* sp. no tratamento por mês.



6 DISCUSSÃO

As avaliações sobre o controle de temperatura em uma colônia de abelhas são fundamentais para o entendimento de como as abelhas conseguem manter suas temperaturas relativamente constantes (DOMINGOS; GONÇALVES, 2014). Desta maneira as abelhas possuem a capacidade de se ajustar as condições adversas encontradas em resposta ao clima. Neste estudo, as abelhas conseguiram manter as temperaturas internas independente da presença ou ausência de coletores dentro de uma faixa ótima.

Diversos trabalhos que avaliam o perfil térmico de colônias de abelhas, verificaram que estas direcionam seus trabalhos termorregulatórios no intuito de manter a temperatura interna entre 33-36°C (JONES; OLDROYD, 2007). No entanto, existe uma prática comum na criação racional de abelhas, em que as colmeias são mantidas expostas a radiação solar direta, o que, principalmente em ambientes tropicais, que é caracterizado por intensa carga radiante, resulta em um superaquecimento das colônias, e como resultado, acontece uma série de alterações fisiológicas e comportamentais com o intuito de não somente manter a homeostase, mas em muitos casos, até a sobrevivência dos indivíduos. Por exemplo, Almeida (2008), verificou que quando a temperatura interna atinge 41°C as abelhas abandonavam a colônia mesmo na presença de rainha e crias. Segundo este autor, a enxameação por altas temperaturas não ocorre do dia para a noite, pelo contrário, é o resultado de um ambiente desconfortável e persistente, envolvendo uma série de fatores ambientais. No presente estudo foi observado que não houve enxameação por abandono durante os meses de março a outubro, mas, vale ressaltar que a partir do mês de agosto foi necessário a realização de coleta de própolis no período noturno, para evitar perdas de colônias por ataque de abelhas em busca de alimento. O manejo noturno de colmeias foi fundamental para manter o bem-estar das abelhas em especial as encontradas em estresse térmico, onde foi possível garantir a sobrevivência da colônia durante o período experimental sem ocorrer observação de saque.

Domingos *et al.* (2022), relataram que para manter o controle de temperatura em uma situação de estresse térmico (expostas ao sol), as abelhas realizam diversas alterações fisiológicas e comportamentais, e isso é fantástico em termos de termorregulação, mas acontece em detrimento de outras funções ou atividades que precisam ser desenvolvidas a nível de colônia. Conforme descrito nos resultados, a radiação solar pode chegar a níveis muito elevados ao longo do dia, inclusive com extremos de mais 1.000W.m², e é

justamente nessas condições que há esse desarranjo na colônia em que as abelhas deixam de realizar tarefas básicas, para manter o arrefecimento dentro da colmeia.

Embora as temperaturas internas tanto para as abelhas em conforto térmico como as abelhas em estresse térmico tenham ficado dentro da faixa considerada ótima, as abelhas que estavam em conforto térmico tiveram na maior parte do período experimental, temperaturas mais baixas quando comparadas com o outro grupo. É importante destacar que o comportamento que ocorreu nos primeiros meses (março a maio) (Figura 11) em que as temperaturas internas foram maiores para as abelhas em conforto térmico pode estar relacionada, não necessariamente com a termorregulação, mas com outros fatores inerentes a colônia, uma vez que a exposição à radiação solar eleva a temperatura interna de uma colônia, e não o contrário.

De acordo com Johnson, (2022) as abelhas, assim como outros insetos, são endotérmicas, ou seja, conseguem regular a sua temperatura, melhorando potencialmente o desempenho do voo, e nesse caso, potencializando o forrageamento, seja para busca de alimentos ou de resinas para produção de própolis. Dentre inúmeros fatores que podem ser prejudicados quando as abelhas não estão em conforto térmico, como por exemplo a morfologia, a fisiologia, o comportamento, entre outros, esse estudo verificou que a produção de própolis também é um desses fatores. Como descrito nos resultados, houve diferença estatística na produção de própolis entre os tratamentos em conforto térmico e estresse térmico. As colmeias em conforto produziram 270,5 gramas de própolis, correspondendo a 68,2% da produção. Além disso, em algumas entrevistas pessoais com apicultores do semiárido, foi relatado que o mês de agosto é o pico da produção da própolis da jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), resultado este constatado no presente trabalho onde foi registrado a maior produção (167,9g) e a colmeia 4 (em conforto térmico) foi responsável por 50,2 % (84,3 g) da produção, setembro seguiu em segundo lugar com 99,6 gramas. Esse fator pode estar relacionado com o período de brotação da jurema preta (*Mimosa tenuiflora*) que foi promovida após a fase da estação chuvosa. A diferença observada na produção da própolis pelas colônias teve relação com o ambiente, ou seja, baseado nos dados acima descritos, o uso de sombreamento para promover o conforto térmico, incrementou em 36% a produção de própolis. Segundo Santos, *et. al.* (2016) o sombreamento de colmeias pode melhorar a produção da apicultura no semiárido nordestino e que desenvolver sistemas de criação que reduzam o estresse calórico é uma alternativa viável para aumentar a produtividade.

A própolis no Rio Grande do Norte, em especial da jurema preta (*Mimosa*

tenuiflora), vem sendo aos poucos estudada e produzida em pequena escala. Produtores dessa própolis conseguiram, uma média de 33-45 gramas por colmeia (informação pessoal) e esse volume tem sido dependente da técnica empregada, como a quantidade de aberturas nas colmeias, onde os mesmos podem aumentar a produção de fitas com 2 ou 4 aberturas. Ferreira (2015) avaliou a produção de própolis na cidade de Mossoró e Alto do Rodrigues-RN, e observou uma produção de própolis inferior ao encontrado no presente trabalho, sendo 21, 17 e 16 gramas para os meses de agosto, setembro e outubro, respectivamente, no apiário do Alto dos Rodrigues e 10, 5 e 2 gramas para os mesmos meses, no apiário em Mossoró. No atual trabalho quando comparado os mesmos meses (agosto, setembro e outubro) a produção de própolis foi superior independente das abelhas estarem em conforto térmico e em estresse térmico.

Vale salientar que as colônias utilizadas por Ferreira (2015) foram obtidas através da doação de enxames de apicultores, não ocorrendo uma seleção prévia para identificar possíveis colônias propolizadora, outro fator é que não foram alimentadas em nenhum momento. Sendo assim, a pré-seleção, conhecimento e a implantação de um programa de melhoramento genético objetivando aumentar as médias produtivas para essa característica devido a variação nas colmeias é de suma importância, visto que isso favorece apicultores e o mercado nacional e internacional (MARTINEZ, 2012). Para ambos os estudos foi possível observar um decréscimo na produção nesses três meses, quando comparado com os demais meses, fato que pode ter sido influenciado pela época do ano, precipitação e umidade.

Estudar a própolis, sua produção, composição e aplicação para a colmeia é fundamental, visto que as abelhas utilizam os compostos presente para a defesa contra invasores e patógenos devido a sua ação antiviral, antibacteriana, antioxidante, imunoestimulantes, antimicrobiana e antiparasitária (CASTAGNINO, *et al.*, 2022). Aumentar a produção de própolis é interessante não apenas do ponto de vista comercial e/ou econômico, mas também porque a coleta de própolis pelas abelhas representa uma defesa comportamental dentro da colônia. As abelhas, como insetos sociais, dependem dessas defesas comportamentais coletivas (Borba *et al.*, 2015; 2017) que produzem a nível de colônia uma imunidade social (Cremer *et al.*, 2007), que age diretamente no sistema imunológico dos indivíduos (OTTI *et al.*, 2014). Daí a importância de relacionar estudos sobre a produção de própolis com a sanidade das colônias, associando a resistência a doenças ao mecanismo do comportamento higiênico das abelhas, assim como a resistência a infestação ao ácaro *Varroa destructor* (Nicodemo, *et al.*, 2013) e a

infecção por *Nosema sp.* Além disso, a utilização de produtos químicos para afastar doenças e patógenos nas abelhas vem sendo divulgada, mas esses antibióticos por sua vez podem gerar a resistência das bactérias e alterar a flora microbiana das abelhas, causando prejuízos a saúde e podendo contaminar os seus produtos (RAYMANN *et al.*, 2017).

Desta maneira se faz necessário estudar a utilização da própolis e relacionar ao mecanismo do comportamento higiênico afim de selecionar abelhas resistentes a essas enfermidades. Ao buscar a seleção genética para promover a saúde em abelhas, os pesquisadores buscam alternativas naturais para aumentar a eficácia dos mecanismos de controle ou erradicação de doenças que não requeiram o uso de substâncias químicas (SPIVAK, 1996; GRAMACHO *et al.*, 1999). Nicodemo, *et al.*, (2013), compararam colmeias produtoras de própolis e colmeias de baixa produção e verificaram que as colônias mais produtoras apresentaram superioridade em relação a capacidade higiênica, apresentando maior taxa de células desoperculadas (97%). Fato este, diferente do observado no presente trabalho, uma vez que as abelhas que estavam em conforto térmico obtiveram maior produção de própolis, mas não obtiveram superioridade no comportamento higiênico quando comparadas com as abelhas em estresse térmico, as abelhas de ambos os grupos apresentaram a taxa de remoção de crias mortas superior a 80%, conforme descrito. Dessa forma, todas as colônias foram higiênicas e como tal expressaram maior sensibilidade e eficiência para a limpeza da colmeia de patógenos e/ou parasitas como descrito por Gramacho (1999) e Ross e Spivak (2002).

Resultados semelhantes foram observados por Souza (2016) onde estudou a taxa do comportamento higiênico em abelhas em condições de sombra e sol, e também não observou diferença neste comportamento entre os ambientes. No entanto faz-se necessário observar que as colônias estudadas por Souza não foram consideradas higiênicas, apresentando valores 20% inferior aos observados neste trabalho, o que pode ter relação com a pré-seleção das colmeias para produção de própolis realizada no presente trabalho, ou seja, como as colônias utilizadas já eram produtoras de própolis, isso pode ter influenciado em uma taxa de comportamento higiênico superior, reforçando a função da própolis na defesa da colônia.

Embora não tenha sido observado relação entre a produção de própolis e a taxa de infestação do ectoparasita *V. destructor* nem para as abelhas em conforto nem para as abelhas em estresse térmico, é importante destacar que houve uma baixa taxa de infestação (abaixo de 4%) pelo *V. destructor* independente do ambiente, e isto pode estar relacionado tanto ao elevado comportamento higiênico das colônias, como ao fato de que

as colônias deste experimento eram produtoras de própolis e segundo Dresche *et al.*, (2017) a utilização da própolis pelas abelhas reduz a infestação pelo ácaro *Varroa destructor*, enfatizando assim, a importância das propriedades da própolis para a imunidade social. Outros estudos (CASTAGNINO *et al.*, 2022) utilizando a própolis de forma tópica e oral em experimentos *in vitro*, indicaram resultados positivos no enfrentamento do ácaro *V. destructor*, ao invés de uma possível contaminação que pode ocorrer com a utilização de produtos sintéticos.

Resultados semelhantes aos observados neste trabalho, foram observados por Nicodemo e colaboradores (2013) avaliando colmeias com alta e baixa produção de própolis também encontraram uma baixa infestações do ácaro *Varroa destructor*, assim como não encontraram correlações significativas com a produção de própolis. Diferentemente do observado por Souza (2016) quando comparou a taxa de infestação por esse mesmo ácaro, em ambiente sol e sombra, além de ter observado taxas de infestação maiores, também encontrou diferença na taxa de infestação entre os ambientes, sendo que a infestação no sol (9,71%) foi superior à da sombra (6,54%). É necessário ressaltar que as amostras do trabalho deste autor foram coletadas entre agosto e novembro de 2014, nesse período, a taxa de infestação tende a ser realmente maior em virtude da escassez de alimento para as abelhas, uma vez que, durante a escassez alimentar, os ácaros se beneficiam porque as abelhas rainhas realizam postura durante o ano todo, mesmo que reduzindo consideravelmente a área de cria no período seco (PINTO *et al.*, 2012; MEDINA-FLORES *et al.*, 2014), devido à baixa disponibilidade de pólen e néctar no ambiente (PEGORARO *et al.*, 2013; CORREIA-OLIVEIRA *et al.*, 2018), o que pode levar a uma maior concentração nas abelhas adultas, contribuindo para uma maior taxa de infestação nesse período crítico (PINTO *et al.*, 2012; MEDINA-FLORES *et al.*, 2014; CORREIA-OLIVEIRA *et al.*, 2018). Silva (2021) também avaliou a dinâmica populacional de *V. destructor* ao longo do ano, e verificou que a taxa de infestação de março a julho se manteve semelhante aos valores médios observados do presente estudo, verificando também que a partir do mês de agosto as taxas foram superiores a 6%.

Assim como na infestação do ectoparasita *V. destructor*, não foi observado relação entre a produção de própolis e a presença do fungo *Nosema* sp nem para as abelhas em conforto nem para as abelhas em estresse térmico, no entanto, é importante destacar que os níveis encontrados desse fungo foram muito baixos, variando de muito leve (0,01-1,00) a leve (1,00 – 5,00), independente do ambiente.

A pequena quantidade de esporos encontrados no presente trabalho para a região semiárida corrobora com os estudos já mencionados em relação a utilização da própolis, promovendo a saúde das abelhas e reforçando a falta de necessidade em tratar abelhas contaminadas com antibióticos como a fumagilina que pode ser tóxica para as abelhas e contaminar os produtos apícolas (CASTAGNINO, *et al.*, 2022). Simone-Finstrom e Spivak (2012) em seu estudo analisou que a própolis depositada no interior dos alvéolos é eficiente na proteção das colônias de abelhas contra fungos, sugerindo que colmeias ricas em resinas podem reduzir crescimento e reduzir a infecção. Desta maneira a utilização da própolis é uma alternativa também para a diminuição de esporos de *Nosema* sp.

Os resultados deste trabalho reforçam a importância de associar as características intrínsecas das colônias de abelhas com características ambientais. É prática comum na apicultura manter as colmeias sem nenhuma proteção contra a radiação solar, no entanto, isto pode contribuir negativamente não somente causando um desarranjo a nível de fisiologia, morfologia, características comportamentais, mas também uma queda na produção. A diminuição na produção de própolis vai muito além de perdas econômicas, uma vez que as abelhas utilizam esses compostos contra invasores e patógenos, ou seja, uma queda na produção de própolis, significa dizer que a imunidade social também será afetada. Desta forma, e dando embasamento para outras pesquisas, em regiões caracterizadas por altas temperaturas e intensa radiação solar, é fundamental manter as colmeias de abelhas africanizadas em conforto térmico.

7 CONCLUSÕES

A pré-seleção de colônias com aptidão para produção de própolis foi importante para a padronização do experimento, assim como a posterior introdução de rainhas irmãs nas colônias. Ao verificar a influência do coletor de própolis “TIRA E PÕE” na homeostase das colônias de abelhas africanizadas no período do teste piloto foram observadas que houve diferença significativa entre colmeias com e sem coletores. A temperatura e umidade interna das colônias mantidas em estresse térmico e em conforto térmico ao longo dos meses foram significativas. Nas condições ambientais observadas, mesmo que as abelhas tenham conseguido manter suas temperaturas dentro da faixa considerada ótima, isso aconteceu em detrimento de outras funções, como foi o caso da diminuição da produção de própolis.

O conforto térmico trouxe uma resposta positiva na produção de própolis, evidenciando que o estresse térmico influencia negativamente não somente em fatores fisiológicos e comportamentais, mas também em aspectos relacionados a produção de própolis o que age diretamente na imunidade social, visto que as abelhas utilizam os compostos presente para a defesa contra invasores e patógenos. Foi possível observar que a maior produção de própolis no período experimental foi maior nas colmeias sombreadas. Isso reforça a importância de manter as abelhas em um ambiente termicamente confortável, o que é obtido através do sombreamento das colmeias e também reforça a importância de relacionar estudos sobre a produção de própolis com a sanidade das colônias, associando a resistência a doenças ao mecanismo do comportamento higiênico das abelhas, assim como a resistência a infestação ao ácaro *Varroa destructor* e a infecção por *Nosema sp*, afim de selecionar abelhas resistentes a essas enfermidades. Dada a baixa incidência de *Nosema sp* o que mostra que o estado sanitário das colônias de abelhas africanizadas do estudo estava ótimas, não foi possível realizar um estudo correlativo sobre o tema, mas, novas pesquisa devem ser realizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGGARWAL, A.; UPADHIAY, R. **Heat stress and animal productivity**. Delhi, Índia: Springer, 2013.
- ALMEIDA, G. F. Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas. 2008. 120 f. **Tese (Doutorado em Ciências)** –Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.
- ANJUM, S. I.; ULLAH, A.; KHAN, K. A.; ATTAULLAH, M.; KHAN, H.; ALI, H.; DASH, C. K. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1695-1703, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE MEL- ABEMEL (2021). Disponível:[https://www.brazilletsbee.com.br/ABEMEL%20%20Dados%20Estatisticos%20%20Ano%202021%20\(Outubro21\).pdf](https://www.brazilletsbee.com.br/ABEMEL%20%20Dados%20Estatisticos%20%20Ano%202021%20(Outubro21).pdf). Acesso em: 20 de outubro, 2021.
- BANKOVA, V.; KRASTEVA, G. B.; SFORCIN, J. M.; FRETE, X.; KUJUMGIEEV, A.; RODELLA, R. M; POPOV, S. Phytochemical evidence for the plant origin of Brazilian propolis from São Paulo State. **ZNaturforsch.** v. 54, p. 401-405, 1999.
- BARBOSA, E. S. A apicultura no semiárido brasileiro-SAB. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 4, n. 2, 2019.
- BERINGER, J.; MACIEL, F. L.; TRAMONTINA, F. F. O declínio populacional das abelhas: causas, potenciais soluções e perspectivas futuras. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 5, n. 1, p. 18-27, 2019.
- BESERRA, F. P.; GUSHIKEN, L.F.S.; HUSSNI, M.F.; RIBEIRO, V.P.; BONAMIN, F.; JACKSON, C. J.; PELLIZZON, C. H.; BASTOS, J.K. Artepillin C as an outstanding phenolic compound of Brazilian green propolis for disease treatment: a review on pharmacological aspects. **Phytotherapy Research**, v. 35, n. 5, p. 2274-2286, 2021.
- BEZERRA, D. A. C. **Estudo fitoquímico, bromatológico e microbiológico de *Mimosa tenuiflora* (Wild) Poir e *Piptadenia stipulacea* (Benth) Ducke**. 2008. 61 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, Universidade Federal de Campina Grande, Patos, Paraíba, Brasil, 2008. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2987>.
- BOECKING, O.; SPIVAK, M. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oudemans. **Apidologie**, v.30, p.141-158, 1999.
- BOGDANOV, S. Contaminants of bee products. **Apidologie**, v. 37, n. 1, p. 1-18, 2006.
- BORBA, R. S.; SPIVAK, M. Propolis envelope in *Apis mellifera* colonies supports honey bees against the pathogen, *Paenibacillus larvae*. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-6, 2017.
- BORBA, R. S.; KLYCZEK, K. K.; MOGEN, K. L.; SPIVAK, M. Seasonal benefits of a natural propolis envelope to honey bee immunity and colony health. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 22, p. 3689-3699, 2015.

BOUCHELACHEM, S. Propolis characterization and antimicrobial activities against *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*: A review. **Saudi journal of biological sciences**, 2021.

BRASIL, Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Instrução normativa nº 03**, de 19 de janeiro de 2001. Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de própolis. Diário Oficial, Brasília, DF, 2001. 22p.

BREYER, H.F.E.; BREYER, E.D.H.; CELLA, I. Produção e beneficiamento da própolis. Florianópolis, SC: **Epagri**, 2016. 31p. (Boletim Didático, 138).

BRIGHENTI, D. M.; SANTOS, F. C.; BRIGHENTI, C. R. G. Método para intensificar a produção de própolis: o quadro coletor" tira e põe. **Artigo APACAME**, 2007.

CABRAL, I. S. R.; OLDONI, T. L. C.; PRADO, A. Composição fenólica, atividade antibacteriana e antioxidante da própolis vermelha brasileira. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1523–1527, 2009

CARANTÓN, O. A. M. **Melhoramento genético e seleção de colmeias para aumento da produção de própolis verde na apicultura comercial**. 2012, 138f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A. P. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1898 a dezembro de 1986)**. Mossoró: ESAM/FGD, 1987. v. 341, 325p. (Coleção Mossoroense).

CARVALHO, F. M. A.; SCHNEIDER, J. K.; DE JESUS, C. V. F.; ANDRADE, L. N.; AMARAL, R. G.; DAVID, J. M.; ALBUQUERQUE-JÚNIOR, R. L. C. Brazilian red propolis: Extracts production, physicochemical characterization, and cytotoxicity profile for antitumor activity. **Biomoléculas**, v. 10, n. 5, p. 726, 2020.

CASTAGNINO, G. L. B., MEANA, A.; SIMÓN, M. T. C.; PINTO, L. F.B. PROPOLIS and its effects on bee diseases and pests: a systematic review. **Journal of Apicultural Research**, p. 1-14, 2022.

CASTAGNINO, G. L. B.; PINTO, L. F. B.; CARNEIRO, M. R. L. Correlação da infestação de *Varroa destructor* sobre o comportamento higiênico de abelhas sobre o comportamento higiênico de abelhas *Apis mellifera*. **Archivos Zootecnia**, v.65, n.252, p. 549-554, 2016.

CONTE, F. L.; PEREIRA, A. C.; BRITES, G.; FERREIRA, I.; SILVA, A. C.; SEBASTIÃO, A. I.; MATOS, P.; PEREIRA, C.; BATISTA, M. T.; SFORCIN, J. M.; CRUZ, M. T. Exploring the antioxidant, anti-inflammatory and antiallergic potential of Brazilian propolis in monocytes. **Phytomedicine Plus**, v. 2, n. 2, p. 100231, 2022.

COOK, C. N.; KASPAR, R. E.; FLAXMAN, S. M.; BREED, M. D. Rapidly changing environment modulates the thermoregulatory fanning response in honeybee groups. **Animal Behaviour**, v. 115, p. 237-243, 2016.

CORREIA-OLIVEIRA, M. E.; MERCÊS, C. C.; MENDES, R. B.; NEVES, V. S. L.;

SILVA, F. L.; CARVALHO, C. A. L. Can the Environment Influence Varroosis Infestation in Africanized Honey Bees in a Neotropical Region?. **Florida Entomologist**, v. 101, n. 3, p. 464-469, 2018.

CUNHA, J.G.C. Melhoramento de abelhas e produção de rainhas. In: XIV Congresso nacional de apicultura. Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: CBA, P. 185-187, 2002.

CREMER, S.; ARMITAGE, S. A. O.; SCHMID-HEMPEL, P. Social immunity. **Current biology**, v. 17, n. 16, p. R693-R702, 2007.

DAHLE, B. The role of Varroa destructor for honey bee colony losses in Norway. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 124-125, 2010.

DALENBERG, H.; MAES, P.; MOTT, B.; ANDERSON, KE.; SPIVAK, M. Propolis envelope promotes beneficial bacteria in the honey bee (*Apis mellifera*) mouthpart microbiome. **Insects**, v. 11, n. 7, p. 453, 2020.

DAUGSCH, A.; MORAES, C. S.; FORT, P.; PARK, Y. K. Brazilian red propolis - chemical composition and botanical origin. **Evidence Based Complementary and Alternative Medicine**, v.5, n.4, p.435-441, 2008.

DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, 1996, 77:2, 67-70.

DIETEMANN, V., NAZZI, F., MARTIN, S. J., ANDERSON, D. L., LOCKE, B., DELAPLANE, K. S., & ELLIS, J. D. Standard methods for varroa research. **Journal of apicultural research**, v. 52, n. 1, p. 1-54, 2013.

DOMINGOS, H. G. T.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L.S. Controle de temperatura em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em diferentes faixas de temperatura do ar e radiação solar. Edição 1.– São Paulo: Editora Dialética, 2022. 100p.

DOMINGOS, H. G. T.; SOMBRA, D. S.; SANTOS, R. G.; GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Surface temperature and heat transfer between body regions of africanized honeybees (*Apis mellifera* L.) in hives under sun and shade conditions in the Northeastern Semi-arid Region of Brazil. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 8, n. 1, p. 28-35, 2018.

DOMINGOS, H. G. T. **Controle de temperatura pelas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido Nordeste**. 2017. 90f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

DOMINGOS, Hérica Girlane Tertulino; GONÇALVES, Lionel Segui. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 150-154, 2014.

DRESCHER, N.; KLEIN, A. M, NEUMANN, P.; YAÑEZ, O.; LEONHARDT, S. D. Inside honeybee hives: Impact of natural propolis on the ectoparasitic mite *Varroa destructor* and viruses. **Insects**, v. 8, n. 1, p. 15, 2017.

DUAY, P.; DE JONG, D.; ENGELS, W. Decreased flight performance and sperm production in drones of the honey bee (*Apis mellifera*) slightly infested by *Varroa destructor* mites during pupal development. **Genet. Mol. Res**, v. 1, n. 3, p. 227-232, 2002.

ELLIS, B. M. Homeostasis: Humidity and water relations in honeybees colonies (*Apis mellifera*). 2008. 126 f. Dissertation (Master's) - Faculty of Natural and agricultural Sciences, University of Pretoria, Pretoria, 2008.

FAO. busca proteger insetos polinizadores na América Latina e no Caribe. Organização das Nações Unidas para a alimentação e agricultura, 2016. Disponível em: <https://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1513916/>. Acesso em: 14 jan. 2022.

FERREIRA, J. M. Características sensoriais, físico-químicas e atividade biológica da própolis produzida no semiárido do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. 2015. 91 f. **Dissertação (Mestrado em Sanidade e Produção Animal)** - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

FERREIRA, J. M.; FERNANDES-SILVA, C. C.; SALATINO, A.; NEGRI, G.; MESSAGE, D. New propolis type from north-east Brazil: chemical composition, antioxidant activity and botanical origin. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 11, p. 3552-3558, 2017a.

FERREIRA, J. M. et al. Antioxidant activity of a geopropolis from northeast Brazil: chemical characterization and likely botanical origin. **Evidence-based complementary and alternative medicine**, v. 2017, 2017b.

FERREIRA, J. M. Própolis e geoprópolis verde do semiárido do brasil: Caracterização química, origem botânica e atividade antioxidante. (Mossoró-RN). 2013. 68f. **Tese (Doutorado em Ciência Animal)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

FRANCHIN, M.; FREIRES, I. A.; LAZARINI, J. G.; NANI, B. D.; DA CUNHA, M. G.; COLÓN, D. F.; ROSALEN, P. L. The use of Brazilian propolis for discovery and development of novel anti-inflammatory drugs. **European journal of medicinal chemistry**, v. 153, p. 49-55, 2018.

FREIRES, I. A; QUEIROZ, V. C. P. P.; FURLETTI, V. F.; IKEGAKI, M.; ALENCAR, S.; DUARTE, M. C. T.; ROSALEN, P. L. Chemical composition and antifungal potential of Brazilian propolis against *Candida* spp. **Journal de Mycologie Médicale**, v.26, p.122-132, 2016.

FRIES, I. *Nosema ceranae* em abelhas européias (*Apis mellifera*). **Jornal de patologia de invertebrados**, v. 103, p. S73-S79, 2010.

FROZZA, C.O.S.; SANTOS, D. A.; RUFATTO, L. C.; MINETTO, L.; SCARIOT, F. J.; ECHEVERRIGARAY, S.; PICH, C. T.; MOURA, S.; PADILHA, F. F.; BORSUK, S.; SAVEGNAGO, L.; COLLARES, T. Antitumor activity of Brazilian red propolis fractions against Hep-2 cancer cell line. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 91, p. 951-963, 2017.

GHISALBERTI, E. L. Propolis: a review. **Bee world**, v. 60, n. 2, p. 59-84, 1979.

GOMES, M. F. F.; ÍTAVO, C. C. B. F.; LEAL, C. R. B.; ÍTAVO, L. C. V.; LUNAS, R. C. Atividade antibacteriana in vitro da própolis preta. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n.4, p. 279-282, 2016.

GONÇALVES, L. S. 2012. Consequências do desaparecimento (CCD) das Abelhas no Agronegócio Apícola Internacional e em especial no Brasil. **Anais do X Encontro sobre Abelhas**, Ribeirão Preto – SP .

GONÇALVES, L. S. Abelhas africanizadas: uma praga ou um benefício para a apicultura brasileira. **Anais do II Encontro sobre abelhas**, Ribeirão Preto, SP, Brasil, p. 165-170, 1996.

GONÇALVES, L. S. Expansão da apicultura brasileira e suas perspectivas em relação ao mercado apícola internacional. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Apicultura-Natal- RN**, 2004.

GONÇALVES, L. S. Enxameação de abelhas africanizadas, causas, consequências e controle. **Anais do 10º Congresso Iberolatinoamericano de Apicultura**, Natal – RN, Brasil, 2008.

GRAMACHO, K. P. 1999. **Fatores que interferem no comportamento higiênico das abelhas *Apis mellifera***. Ribeirão Preto. Tese (Doutorado)—Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.

GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Estudo comparativo dos métodos de congelamento e perfuração de crias para avaliação do comportamento higiênico em abelhas africanizadas. In: Congresso Latinoiberoamericano de Apicultura, 4. **Anais**. Córdoba-Argentina. 45p. 1994.

GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. Fatores que interferem nas atividades de abelhas *Apis mellifera* relacionado ao comportamento higiênico. **Anais IV Encontro sobre abelhas**. Ribeirão Preto, São Paulo. Brasil, p.58-65, 2000.

GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. O comportamento higiênico e sua aplicação no melhoramento de abelhas *A. mellifera*. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 1998. **Anais**, p. 82-87.

GRAMACHO, K. P.; GONÇALVES, L. S. the sequences of the hygienic behavior process of carniolan worker honey bees (*Apis mellifera carnica*). In: **Proceedings of the 37th International apicultural congress, Durban, South Africa**. Recuperado de <https://www.apimondia.com/congresses/2001/Papers/202.pdf>. 2001.

GRAMACHO, K.P.; GONÇALVES, L.S. Comparative study of the hygienic behavior of Carniolan and Africanized honey bees directed towards grouped versus isolated dead brood cells. **Genetic Molecular Research**, v.8, n.2, p.744-50, 2009.

GRAMACHO, K.P.; GONÇALVES, L.S.; ROSENKRANZ, P.; DE JONG, D. Influence of body fluid from pin-killed honey bee Pupae on hygienic behavior. **Apidologie**, v. 30, n. 5, p.367-374, 1999.

HIGES, M.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; MARTÍNEZ-SALVADOR, A.; GARRIDO-BAILÓN, E.; GONZÁLEZ-PORTO, A. V.; MEANA, A.; BERNAL, J. A preliminary study of the epidemiological factors related to honey bee colony loss in Spain. **Environmental Microbiology Reports**, v. 2, n. 2, p. 243-250, 2010.

IBRAHIM, M. E. E; ALQURASHI, R. M. Anti-fungal and antioxidant properties of propolis (bee glue) extracts. **International Journal of Food Microbiology**, v. 361, p. 109463, 2022.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NUNES-SILVA, P. As abelhas, os serviços ecossistêmicos e o Código Florestal Brasileiro. **Biota Neotropical**. v. 10, p. 59- 62, 2010.

IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; GONÇALVES, L. S.; FRANCOY, T. M.; NUNES-SILVA, P. O desaparecimento das abelhas melíferas (*Apis mellifera*) e as perspectivas do uso de abelhas não melíferas na polinização. **Doc. (Embrapa Semi-Árido. Online)**, v. 249, p. 210-233, 2012.

INUI, S.; HATANO, A.; YOSHINO, M.; HOSOYA, T.; SHIMAMURA, Y.; MASUDA, S.; KUMAZAWA, S. Identificação dos compostos fenólicos que contribuem para a atividade antibacteriana em extratos etanólicos da própolis vermelha brasileira. **Pesquisa de produtos naturais**, v. 28, n. 16, pág. 1293-1296, 2014.

JARIMI, H.; TAPIA-BRITO, E.; RIFFAT, S. A review on thermoregulation techniques in honey bees' (*Apis mellifera*) beehive microclimate and its similarities to the heating and cooling management in buildings. **Future Cities and Environment**, v. 6, n. 1, 2020.

JOHNSON, M. G.; VIDRO, J.R.; HARRISON, J. F. A desert bee thermoregulates with an abdominal convector during flight. **Journal of Experimental Biology**, v. 225, n. 19, pág. jeb244147, 2022.

JONES, J.C.; OLDROYD, B.P. Nest thermoregulation in social insects. **Advances in Insect Physiology**, v.33, p.153-191, 2007.

KERR, W. E. Melhoramento em abelhas. Em Manual de apicultura. Organizado por J.M.F. Camargo (Ed. Agr. Ceres). Piracicaba, SP, Brasil. pp. 97- 116, 1972.

KHAN, A. S., VIDAL, M. D. F., LIMA, P. V. P. S., & BRAINER, M. S. D. C. P. Perfil da apicultura no Nordeste brasileiro. 2014.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B.E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the royal society B: biological sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

KWON, M. J.; SHIN, H. M.; PERUMALSAMY, H.; WANG, X.; AHN, Y. J. Antiviral effects and possible mechanisms of action of constituents from Brazilian propolis and related compounds. **Journal of Apicultural Research**, v. 59, n. 4, p. 413-425, 2020.

LIMA, M. G. A Produção de Própolis no Brasil. São João da Boa Vista: **Impressos São Sebastião Editora e Gráfica Ltda.** 120p. 2006.

LORENZON, M. C.; OLIVEIRA, C. de; JORDÃO, A. R.; CORDEIRO, G. D. Carga térmica de radiação de dois apiários de abelhas africanizadas dispostos ao sol e à sombra. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 15.; Congresso Brasileiro de Meliponicultura, 1., 2004, Natal. **Anais...** Natal: Confederação Brasileira de Apicultura..

LUSTOSA, S. R.; GALINDO, A. B.; NUNES, L. C. C.; RANDAU, K.P.; ROLIM NETO, P. J. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p.447-454, 2008.

MAIA, G. N. Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo: **D&Z Computação Gráfica e Editora**, p. 413, 2004.

MANRIQUE, A. J; SOARES, A. E. E. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para a melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Interciencia**, v.27, n.6, p.312-316, 2002.

MANRIQUE, A. J; SOARES, A. E. E. Seleção de abelhas africanizadas para produção de própolis. **Zootecnia Tropical**, v.20, n.2, p.235-246, 2002a.

MARCUCCI, M. C. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutic activity. **Apidologie**, v. 26, n. 2, p. 83-99, 1995.

MARCUCCI, M. C. Propriedades biológicas e terapêuticas dos constituintes químicos da própolis. **Química Nova**, v.19, n.5, p.529-536, 1996.

MARTINEZ, O. A.; SOARES, A. E. E. Melhoramento genético na apicultura comercial para produção da própolis. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.4, p.982-990, 2012.

MATOSO, L. M. L.; MATOSO, M. B. L. Extrato de Própolis no Combate ao COVID-19: um Relato de Experiência em Nível da Atenção Básica em Saúde. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 25, n. 1, p. 85-94, 2021.

MEDINA-FLORES, C. A.; GUZMÁN-NOVOA, E.; FLORES, C. F. A.; BAÑUELOSA, H.G.; SOTO, J. I. A. Honey production and *Varroa destructor* infestation of Africanized honeybee (*Apis mellifera*) colonies with high and low hygienic behavior. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 5, n. 2º, p. 157-170, 2014.

MESSAGE, D. Efeito de condições ambientais no comportamento higiênico em abelhas africanizadas *Apis mellifera*. **Dissertação de mestrado apresentada a Faculdade de Medicina de Ribeirão**, Universidade de São Paulo, Brasil, 1979.

MESSAGE, D.; GUIDUGLI-LAZZARINI, K.R.; FREITAS, N.H.A.; SIMÕES, Z.L.P.; DEJONG, D.; SILVA, I.C.; TEIXEIRA, É.W. Colapso de colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) no Brasil. **Biológico**, v.73, n.2, p.25-81, 2011.

MESSAGE, D.; SILVA, I. C.; SIMÕES, Z. L. P.; TEIXEIRA, E.W.; DE JONG, D. Colony Collapse occurrence in Africanized honey bees in Brazil. **Annual Meeting of the Society for Invertebrate Pathology**, 45., Buenos Aires, Argentina. Program and Abstract. BuenosAires, Centro de Convenciones UCA. 2012. p.79, 2012.

MIORIN, P. L.; LEVY JUNIOR, N. C.; CUSTODIO, A. R.; BRETZ, W. A., & MARCUCCI, M. C. Antibacterial activity of honey and propolis from *Apis mellifera* and *Tetragonisca angustula* against *Staphylococcus aureus*. **Journal of applied microbiology**, v. 95, n. 5, p. 913-920, 2003.

MIRYAN, M.; SOLEIMANI, D.; DEHGHANI, L.; SOHRABI, K.; KHORVASH, F.; BAGHERNIYA, M.; ASKARI, G. The effect of propolis supplementation on clinical symptoms in patients with coronavirus (COVID-19): A structured summary of a study protocol for a randomised controlled trial. **Trials**, v. 21, n. 1, p. 1-2, 2020.

MOUNTFORD-MCAULEY, R.; PRIOR, J.; MCCORMICK, A. C. Factors affecting propolis production. **Journal of Apicultural Research**, p. 1-9, 2021.

MOURA, J.; PEGORARO, A. Produção de pólen apícola com coletor nos horários de disponibilidade de alimento no pico da florada da Bracatinga (*Mimosa scabrella*). *Scientia Agraria*, v. 7, n. 1-2, p. 97-100, 2006.

MOREIRA, T. F Composição química da própolis: vitaminas e aminoácidos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 1, n. 1, p. 12-19, 1986.

MORSE R.A.; GONÇALVES L.S. Varroa disease, a threat to world beekeeping. *Gleanings in Bee Culture*, v.107, n.4, p.179-181, 202, 1979.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L. S.; DE JONG, D.; M.Z. BICHUETTE. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oudemans infestation in Brazil, *Apidologie*, v.22, p.197-203, 1991.

NEWTON, D. C.; OSTASIEWSKI JR., N.J. A simplified bioassay for behavioral resistance to American foulbrood in honey bees (*Apis mellifera* L.). **American Bee Journal**, v. 126, n. 4, p. 278-281, 1986.

NICODEMO, D.; DE JONG, D.; COUTO, R. H. N.; MALHEIROS, B. Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behavior and increased honey and pollen stores. **Genetics and Molecular Research**, p. 6931-6938, 2013.

NGANSO, Beatrice T.; TORTO, Baldwin. The effects of crude propolis, its volatiles and ethanolic extracts on the ecto-parasitic mite, *Varroa destructor* and health of the African savannah honey bee, *Apis mellifera scutellata*. **Parasitology**, v. 148, n. 6, p. 696-702, 2021.

OTTI, O.; TRAGUST, S.; FELDHAAR, H. Unifying external and internal immune defences. **Trends in ecology & evolution**, v. 29, n. 11, p. 625-634, 2014.

PARK, Y. K.; ALENCAR, S. M.; SCAMPARINI, A. R. P.; AGUIAR, C. L. Própolis produzida no sul do Brasil, Argentina e Uruguai: evidências fitoquímicas de sua origem vegetal. **Ciência Rural**, v.32, p. 997-1003, 2002.

PARK, Y. K.; IKEGAKI, M.; ALENCAR, S.M. Classificação das própolis brasileiras a partir de suas características físico-químicas e propriedades biológicas. **Mensagem doce**, v. 58, n. 9, p. 3-7, 2000.

PEREIRA, A. S.; SEIXAS, F. R. M. S.; AQUINO- NETO, F.R. Própolis: 100 anos de pesquisa e suas perspectivas futuras. **Química Nova**, v. 25, p. 321-326, 2002.

PINTO, F. A.; PUKER, A.; BARRETO, L. M. R. C.; MESSAGE, D. The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in southeastern Brazil apiaries: effects of thehygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.5, p.1194-1199, 2012.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F.D.M.; LOPES, M. T. R.; NOCELLI, R.C.F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J.S.; TEIXEIRA, E.W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 422-442, 2016.

PIRES, S. Sanidade apícola: diagnóstico de patologias apícolas. **O Apicultor Revista de Apicultura**, p. 9-10, 2008.

POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees: influence of abiotic and biotic factors on bees. **Journal of Insect Behavior**, v. 27, p. 593-612, 2014.

POPOVA, M.; REYES, M.; LE CONTE, Y.; BANKOVA, V. Propolis chemical composition and honeybee resistance against *Varroa destructor*. **Natural product research**, v. 28, n. 11, p. 788-794, 2014.

PORDEUS JUNIOR, I.D.A A expansão da Jurema na Península Ibérica. **Revista de Ciências Sociais**, v. 45, n. 1, 2014, p. 247-262.

PUC, J. F. M.; MEDINA, L. A. M.; VENTURA, G. A. C. Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México. **Ciencias Pecuaria**, v.2, n.1, p.25-28, 2011.

RAYMANN, K.; SHAFFER, Z.; MORAN, N. A. Antibiotic exposure perturbs the gut microbiota and elevates mortality in honeybees. **PLoS biology**, v. 15, n. 3, p. e2001861, 2017.

REIS, J. H. O.; BARRETO, G. A., CERQUEIRA, J. C., ANJOS, J. P.; ANDRADE, L. N., PADILHA, F. F.; DRUZIAN, J. I.; MACHADO, B. A. S. Evaluation of the antioxidant profile and cytotoxic activity of red propolis extracts from different regions

of northeastern Brazil obtained by conventional and ultrasound-assisted extraction. **PloS um**, v. 14, n. 7, p. e0219063, 2019.

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMENN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.103. p.96-119, 2010.

ROTHENBUHLER W. C. Behaviour genetics of nest cleaning in honey bees I. **Responses of four inbred lines to disease-killed brood Anim. Behav**, v. 12, n. 4 P. 578-584, 1964.

RYABOV, E. V.; CHILDERS, A. K.; CHEN, Y.; MADELLA, S.; NESSA, A.; VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D. Recent spread of *Varroa destructor* virus-1, a honey bee pathogen, in the United States. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2017.

SALATINO, A.; SILVA, C. C. F.; RIGHI, A. A.; SALATINO, M. L. F. Propolis research and the chemistry of plant products. **Natural product reports**, v. 28, n. 5, p. 925-936, 2011.

SALATNAYA, H.; WIDODOW, D.; WINARNO; FUAHA, M. The Influence of Environmental Factors on the Activity and Propolis Production of *Tetragonula laeviceps*. **Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan**, v. 8, n. 2, p. 67-71, 2020.

SANTOS, R. G.; DOMINGOS, H. G. T.; GRAMACHO, K. P.; GOLÇALVES, L. S. (2017). Sombreamento de colmeias de abelhas africanizadas no Semiárido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.5, p 828-836.

SANTOS, R. G.; SOMBRA, D. S.; DOMINGOS, H. G. T.; GONÇALVES, L. S. Acceptance rate of Africanized honey bee larvae in hives maintained in the shade and under full sunlight in Northeast Brazil. **ACTA Apicola Brasilica**, v. 4, n. 2, p. 13-16, 2016.

SANTOS, R. G. Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste Brasileiro. 2015. 106f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

SFORCIN, J. M. Propolis and the immune system: a review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 113, p 1–14, 2007.

SILVA, B. E. D. Etnobotânica da Jurema preta e seus efeitos fitopsicológicos e espirituais dentro de um sistema agroindustrial. 2019. 62 f. **Dissertação (Mestrado Acadêmico em Sistemas Agroindustriais)** - Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, Paraíba, Brasil, 2019.

SILVA, L. A. Comportamento higiênico como resposta ao ácaro *varroa destructor* em abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) no semiárido brasileiro. 2021.138f. **Dissertação (Mestrado em Produção Animal)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2021.

SILVEIRA, M. A. D., DE JONG, D.; DOS SANTOS, G E. B.; RIBEIRO, J. C.; SILVA, T. C.; BERRETTA, A. A.; DA HORA PASSOS, R. (2021). Efficacy of propolis as an

adjunct treatment for hospitalized COVID-19 patients: a randomized, controlled clinical trial. **MedRxiv**, 2021.

SIMONE-FINSTROM, M.; SPIVAK, M. Increased resin collection after parasite challenge: a case of self-medication in honey bees? **PloS one**, v. 7, n. 3, p. e34601, 2012.

SIMONE-FINSTROM, M.; SPIVAK, M. Propolis and bee health: the natural history and significance of resin use by honey bees. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 295-311, 2010.

SPIVAK, M.; DANKA, R. G. Perspectives on hygienic behavior in *Apis mellifera* and other social insects. **Apidologie**, v. 52, p. 1-16, 2021.

SPIVAK, M. Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, v. 27, p. 245–260, 1996.

SPIVAK, S.; REUTER, G. S. Performace of hygienic honey be colonies in a comercial apiary. **Apidologie**, v. 29, p. 291-302, 1998.

SOMBRA, D. S. Monitoramento do desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas sobre a influência do ambiente sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN). 2013. 68f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

SOUZA, F. A. D. Efeito da insolação na sanidade de abelhas *Apis mellifera* (africanizadas) no Semiárido Brasileiro. 2016.64f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Animal)** – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

TEIXEIRA, E. W.; MESSAGE, D.; MEIRA, R. M. S. A.; SALATINO, A. Indicadores da origem botânica da própolis: importância e perspectivas. **Boletim de Indústria Animal**, v. 60, n.1, p.83-106, 2003.

TRAYNOR, K. S.; MONDET, F.; DE MIRANDA, J. R.; TECHER, M.; KOWALLIK, V.; ODDIE, M. A.; MCAFEE, A. *Varroa destructor*: A complex parasite, crippling honey bees worldwide. **Trends in parasitology**, v. 36, n. 7, p. 592-606, 2020.

VIDAL, M. F. Efeitos da seca de 2012 sobre a apicultura nordestina. 2013.Fortaleza: **Banco do Nordeste do Brasil**, ano 7, n.2, 2013.

VIDAL, M. F. Potencial da produção de própolis no Nordeste. **Caderno Setorial ETENE**. v.1, n.153, p. 1 – 9, 2021.

VIDAL, M. F. Produção de mel na área de atuação do bnb entre 2011 e 2016. **Caderno Setorial ETENE**. v.1, n.30, p. 1 – 12, 2018.

WIESE, H. Apicultura: Novos tempos. 2^a. Ed. Guaíba: **Agrolivros**, 2005, 378p.

WINSTON, M. L. **A biologia da abelha**. Porto Alegre: Magister, 281 p. 2003.

WILSON, M. B.; SPIVAK, M.; HEGEMAN, A. D.; RENDAHL, A.; COHEN, J. D. Metabolomics reveals the origins of antimicrobial plant resins collected by honey bees. **PloS one**, v. 8, n. 10, p. e77512, 2013.

ZULHENDRI, F.; CHANDRASEKARAN, K.; KOWACZ, M.; RAVALIA, M.; KRIPAL, K.; FEARNLEY, J.; PERERA, C. O. Antiviral, antibacterial, antifungal, and antiparasitic properties of propolis: A Review. **Foods**, v. 10, n. 6, p. 1360, 2021.