



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

RICARDO GONÇALVES SANTOS

**COMPORTAMENTO ENXAMEATÓRIO DE ABELHAS AFRICANIZADAS
(*Apis mellifera* L.) EM ZONA URBANA DE MOSSORÓ-RN, REGIÃO
SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

MOSSORÓ

2020

RICARDO GONÇALVES SANTOS

**COMPORTAMENTO ENXAMEATÓRIO DE ABELHAS AFRICANIZADAS
(*Apis mellifera* L.) EM ZONA URBANA DE MOSSORÓ-RN, REGIÃO
SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Produção Animal

Orientador: Dr. Lionel Segui Gonçalves

Co-orientadora: Dra. Kátia Peres Gramacho

MOSSORÓ

2020

© 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.

S237c Santos, Ricardo Gonçalves.
Comportamento enxameatório de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de Mossoró-RN, região semiárida do Nordeste brasileiro / Ricardo Gonçalves Santos. - 2020.
157 f. : il.

Orientador: Lionel Segui Gonçalves.
Coorientadora: Kátia Peres Gramacho.
Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, 2020.

1. Enxameação. 2. Nidificação. 3. Captura de enxames. 4. Prevenção à acidentes. 5. Semiárido. I. Gonçalves, Lionel Segui, orient. II. Gramacho, Kátia Peres, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

RICARDO GONÇALVES SANTOS

**COMPORTAMENTO ENXAMEATÓRIO DE ABELHAS AFRICANIZADAS
(*Apis mellifera* L.) EM ZONA URBANA DE MOSSORÓ-RN, REGIÃO
SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

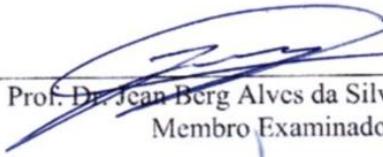
Linha de Pesquisa: Produção Animal

Defendida em: 30/03/2020

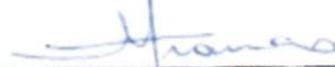
BANCA EXAMINADORA



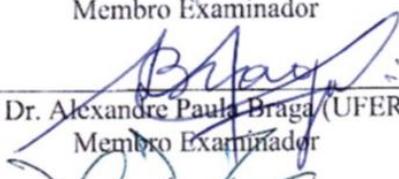
Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves (UFERSA)
Presidente



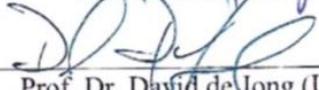
Prof. Dr. Jean Berg Alves da Silva (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira (UFERSA)
Membro Examinador

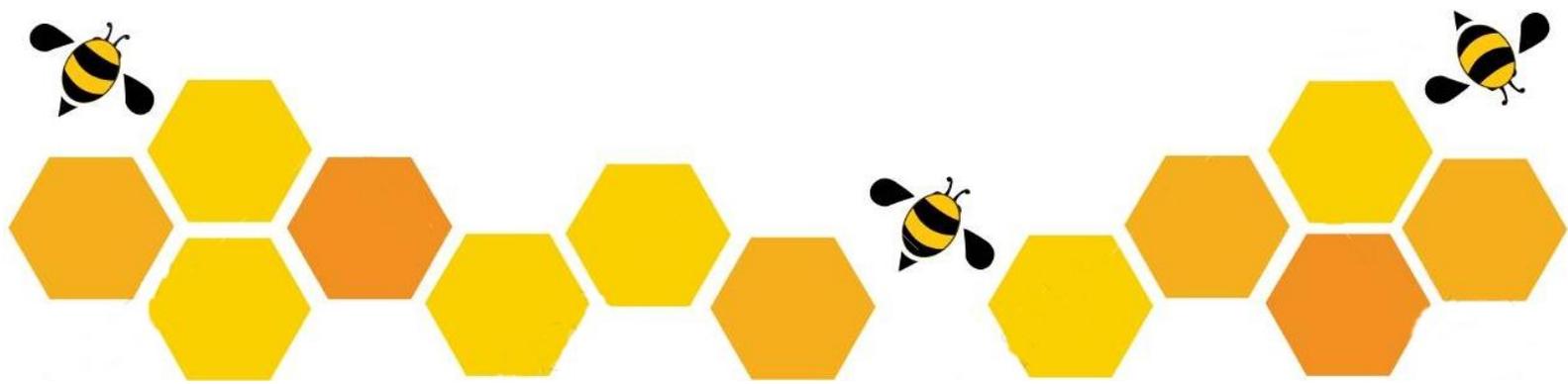


Prof. Dr. Alexandre Paulo Braga (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. David de Jong (USP)
Membro Examinador

Dedico aos meus avós paternos (In Memoriam), Roberto Gonçalves de Matos e Alda Elita de Matos, pelos ensinamentos e, principalmente, pelo exemplo de vida e legado de amor difundido.



AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves e sua esposa, Dra. Neide Malusá Gonçalves, pelo afeto, entusiasmo e ensinamentos à mim dedicados, os quais contribuíram enormemente para minha formação pessoal e profissional. Ao Prof. Lionel, particularmente pela orientação de meu doutorado e também pelo convite para “mergulhar no mundo das abelhas” e pelo tempo que, pacientemente, investiu na minha orientação acadêmica, desde o mestrado.

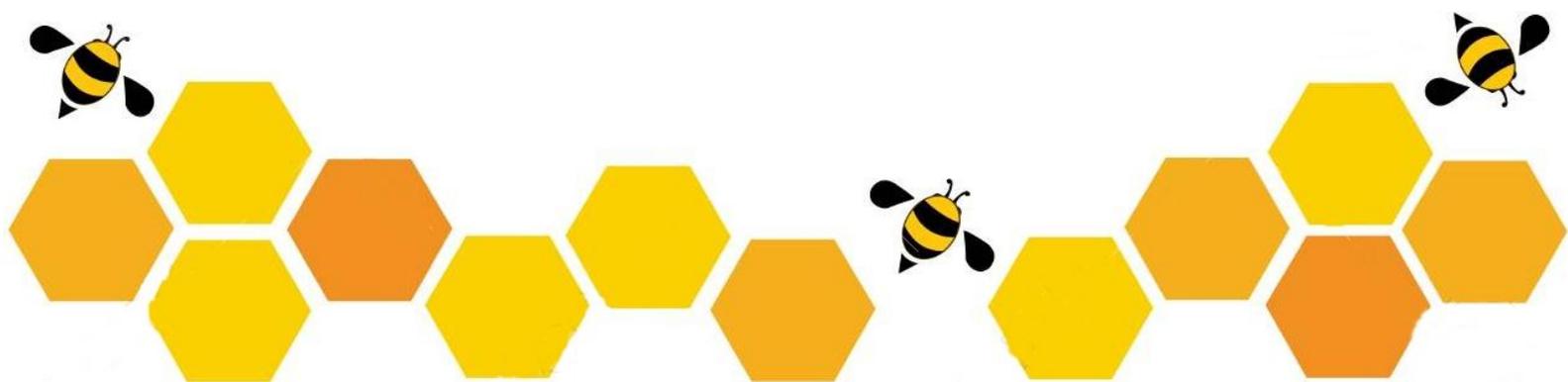
À Profa. Dra. Kátia Peres Gramacho, Vice-Chefe do Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), pela co-orientação, bem como por ter colocado à disposição de minhas pesquisas, todas as facilidades, materiais apícolas e serviços disponíveis no Setor de Apicultura e, acima de tudo, pelas palavras e atos de apoio e confiança.

Ao Prof. Dr. Dejair Message, pela convivência e o aprendizado sobre as abelhas que foi oportunizado durante o decorrer de todo o período de pós-graduação na UFERSA.

Aos docentes vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA) pelas suas dedicações e conhecimentos transmitidos junto as disciplinas que tive a oportunidade de cursar e que nortearam minha formação profissional.

À UFERSA e ao PPGCA, pela oportunidade de me especializar no tema, onde realizei o mestrado e o presente doutorado na área de apicultura. Bem como, agradeço ao colegiado do programa por ter concedido uma prorrogação de um mês no prazo para realização da defesa da tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) pela concessão de bolsas de estudos, este último por meio de recursos administrados pela a Fundação Guimarães Duque (FGD) e destinados ao Projeto do Centro de Capacitação Tecnológica em Apicultura (CCTA).



À Pró-Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC) da UFRSA, por aprovar o Projeto SOS Abelhas e fomentar bolsas para alunos de graduação atuarem auxiliando nas coletas de enxames em zonas urbanas de Mossoró-RN.

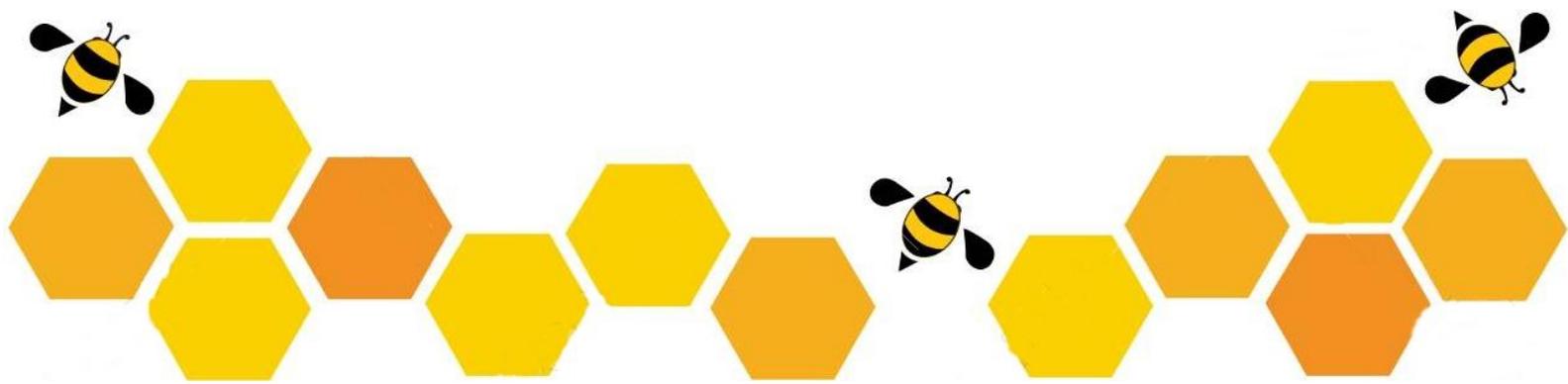
Ao Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN), pelo apoio logístico, disponibilizar sua estrutura e custear a maior parte dos materiais, indumentárias e utensílios apícolas utilizados nesta pesquisa e custear esporadicamente combustível para realizarmos as coletas de enxames.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Moacir Franco de Oliveira, docente e Pró-reitor da PROPLAN (Pró-Reitoria de Planejamento) da UFRSA, por ter cedido um espaço em área de pesquisa de sua responsabilidade no *Campus* Central da UFRSA, permitindo a instalação de um “apiário transitório” para deixarmos as colmeias de enxames recém capturados no município de Mossoró-RN, antes de serem transportadas para os apiários definitivos localizados na Estação Experimental da UFRSA, concessão essa que facilitou muito nossos trabalhos.

Ao Corpo de Bombeiros Militar de Mossoró-RN, por nos encaminhar as solicitações feitas pelos munícipes para retirada de enxames de abelhas em perímetro urbano de Mossoró-RN e por algumas ajudas esporádicas.

Ao Dr. Dayson Castilhos, por sua enorme colaboração nas capturas de enxames e que, por meio de sua empresa, Chalé Executivo Apart-Hotel, disponibilizou uma condução e combustível para uma parte das capturas de enxames, forneceu escadas e ferramentas diversas, bem como foi fundamental para o estabelecimento da rotina de captura bem como organização e estruturação de apoio durante o primeiro ano deste trabalho, sendo sua atuação, portanto, imprescindível para a realização desta pesquisa.

Ao Ms. Victor Hugo Pedraça Dias, pelo seu apoio constante e por ter providenciado através do Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER), condução e motorista para atender, esporadicamente e por um período, o Projeto SOS Abelhas, na demanda de captura de enxames.



Ao Sr. Milton de Oliveira Filho, que nos acompanhou por bastante tempo, auxiliando nos processos de captura de enxames, preparação de caixas, chegando a disponibilizar transporte por diversas vezes quando precisávamos de alternativas de locomoção. Depois de dominar a técnica de captura de enxames, montou apiários, tornou-se um apicultor dedicado e um empreendedor ao abrir sua própria empresa apícola (ABELHARTE). Atualmente continua fornecendo com qualidade, o serviço de captura de enxames, proporcionando segurança às pessoas e dando destino correto às abelhas.

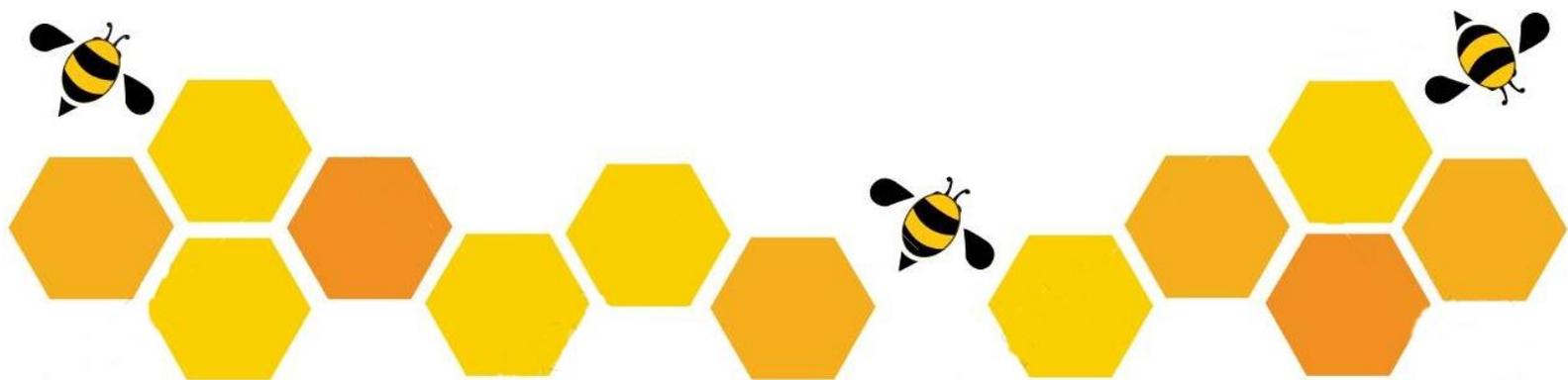
À Srt^a Nira Lopes de Lima, pelo dedicado apoio técnico prestado a nós enquanto se dedicava ao nosso Setor de Abelhas da UFERSA, nos auxiliando com o preparo das caixas utilizadas para captura, na alimentação e revisão das colônias capturadas, substituição de rainha, organização de material, entre outros.

Agradeço ao Sr. Felipe Marrocos Neri Neto pelo apoio técnico-apícola esporádico, na qualidade de colaborador do setor de apicultura na Estação Experimental da UFERSA.

Ao Prof. Dr. Michael Hrcir e à Dra. Herica Girlane Tertulino Domingos (esta então orientada de pós-graduação do Prof. Lionel), por colaborarem na preparação e disponibilização dos dados climatológicos da Estação Meteorológica (HOBO Weather Station) instalada na Estação Experimental da UFERSA, por doação da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), em fins de 2012, ao Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves, então docente visitante da UFERSA, para as pesquisas do setor de Apicultura na UFERSA e cujos dados climatológicos da região passaram a ser disponibilizados, desde 29/01/2013, para todos os pesquisadores da UFERSA. Aproveito também para adicionar um agradecimento muito especial à Dra. Herica, pela sua valiosíssima ajuda e dedicação para colaborar comigo no planejamento e revisão dos capítulos da minha tese de doutorado.

Agradecimentos também ao Prof. Dr. Saulo Tasso Araujo da Silva, por disponibilizar os dados da Estação Meteorológica localizada no *Campus* Central da UFERSA.

Aos colegas, pós-graduandos, bolsistas de extensão e iniciação científica, além dos estagiários do Setor de apicultura da UFERSA, que constituem a “família de abelhudos



da UFERSA”, todos amantes e defensores das abelhas, inicialmente sob a direção do Prof. Dr. Lionel S. Gonçalves e nos últimos três anos da Profa. Dra. Katia P. Gramacho, pela vivência agradável e troca de conhecimentos, hoje muitos dos quais em final de curso ou já formados, mestres e doutores: Anderson Gomes, André Trajano, Anna Jacinta Medeiros, Bianca Umbelino, Dráuzio Oliveira, Ednardo Damasceno, Ewerton Lima, Jefferson Freitas, Joselena Ferreira, Lucas Moraes, Nailton Chagas, Renata Gomes e, em especial, aos abelhudos que me ajudaram na execução do presente trabalho, atuando em discussões científicas e técnicas sobre abelhas, inclusive em campo durante as capturas de enxames, Alexandre Lima, André Sousa, Daiana S. Sombra, Dayson Castilhos, Edgar Araujo, Gabriel Victor, Herica T. Domingos, Itallo Magalhães, Leandro Silva, Suan Allyson e Victor Hugo P. Dias.

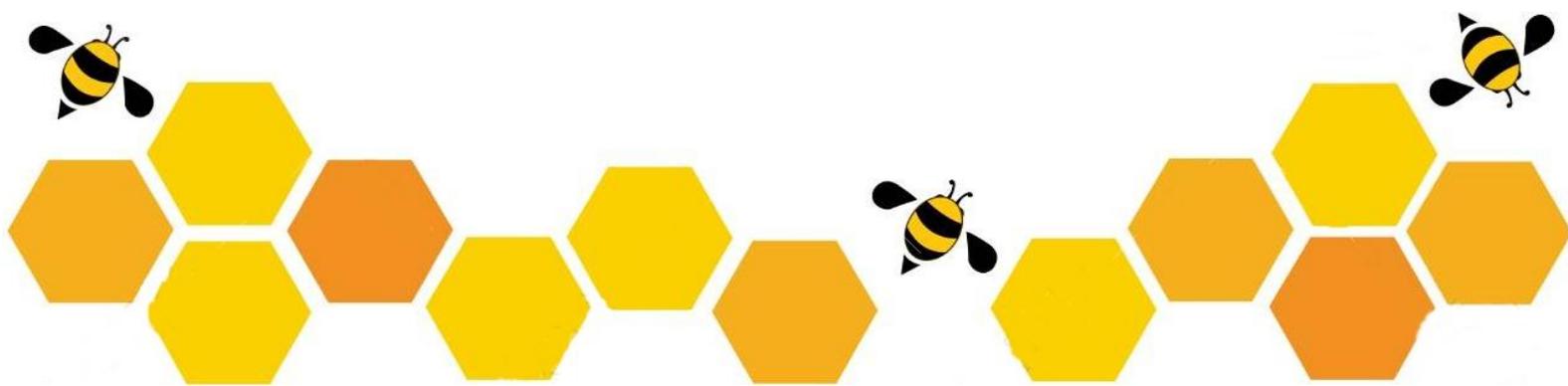
Aos meus pais, José Leuso Gonçalves de Matos e Maria de Lourdes dos Santos Gonçalves, pelo sagrado dom da vida que devo a eles, pelas sabias orientações, orações, cuidados e estímulos, bem como pela concessão de um veículo, o qual ficou por 2 anos à disposição do Projeto para a captura dos enxames.

Ao meu sogro, Ivo Cipriano Maniçoba e sogra, Itacira Nunes de Aquino Lima Cipriano, pelas palavras de encorajamento e pelo apoio e amparo familiar, estendendo a mão para socorrer minha esposa, meus filhos e a mim, nas dificuldades do dia-a-dia.

Aos meus irmãos, Paulo Roberto, Renato Menezes, Elizeu Fernando, Eliabe David e Antônio Thyago, bem como minhas cunhadas, Willianny Mayara, Roseane Rusara e Anielly Cristina, que estabelecem em mim a crença de que tenho em todos eles, um “porto seguro”.

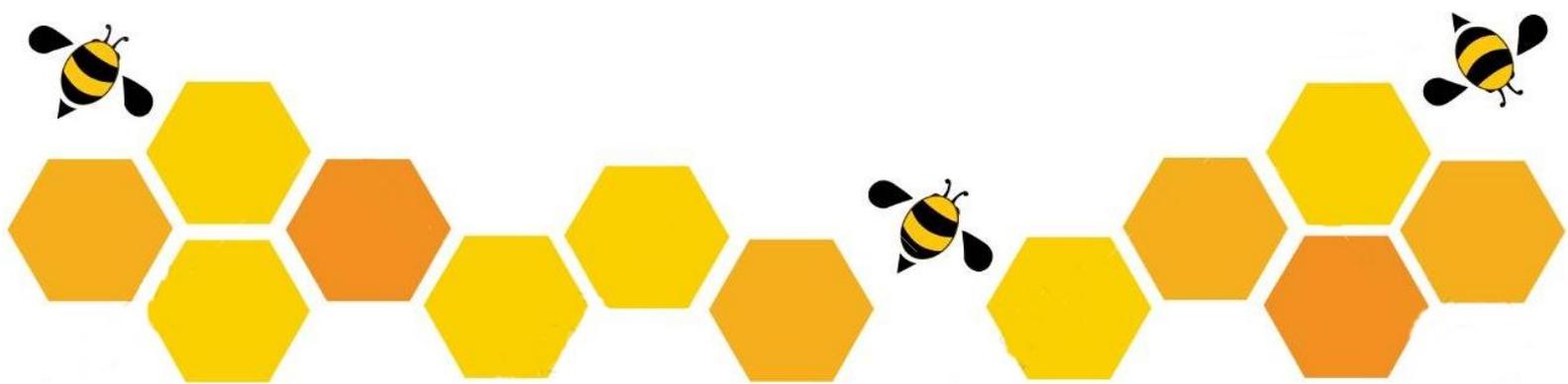
À minha querida esposa, Aline Kelly de Aquino Lima Cipriano e filhos, Cauan Levi Cipriano Gonçalves (3 anos) e Maria Clara Cipriano Gonçalves (1 ano), que a cada dia me fazem aprender mais sobre o amor e a entender que a família é uma dádiva divina e o nosso bem mais valioso da vida construído na terra.

Agradeço também a todos os munícipes que solicitaram os serviços do SOS Abelhas



diretamente ou através da Corporação dos Bombeiros e em especial abriram suas casas e receberam nossa equipe para fazer o trabalho de resgate das abelhas.

Finalmente, de forma mais especial, agradeço à DEUS, por nunca me desamparar, me dar forças de onde parece não existir e me oportunizar sempre mais uma chance de tentar novamente, fazendo-me entender a direção do caminho correto para seguir em frente.



DIAS MELHORES

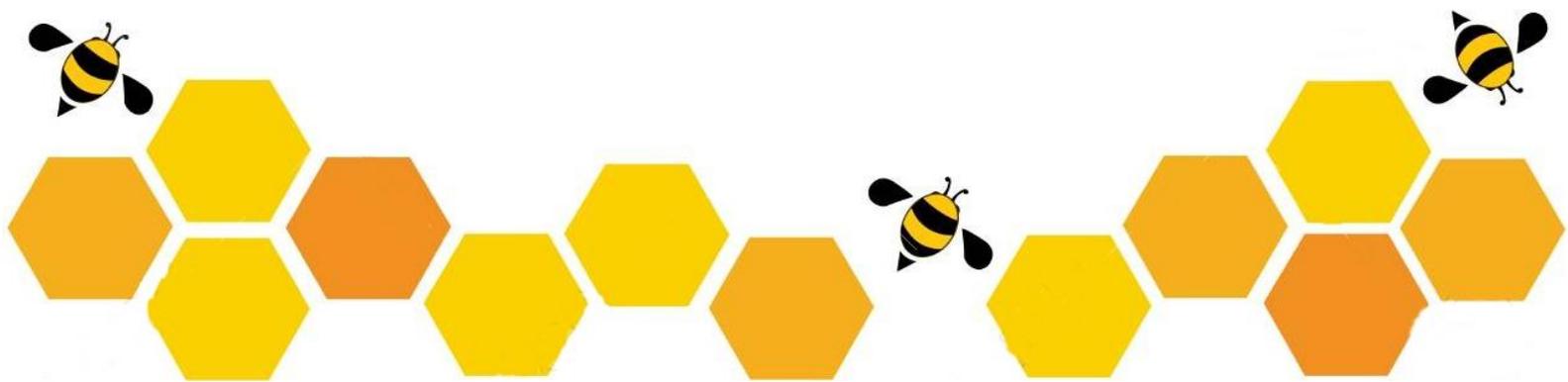
Jota Quest

Vivemos esperando
Dias melhores
Dias de paz, dias a mais
Dias que não deixaremos
Para trás, oh oh

Vivemos esperando
O dia em que
Seremos melhores (Melhores! Melhores!)
Melhores no amor
Melhores na dor
Melhores em tudo, oh oh oh

Vivemos esperando
O dia em que seremos
Para sempre
Vivemos esperando, oh oh oh
Dias melhores pra sempre
Dias melhores pra sempre
(Pra sempre!)

Vivemos esperando
Dias melhores (Melhores! Melhores!)
Dias de paz
Dias a mais
Dias que não deixaremos
Para trás, oh oh oh

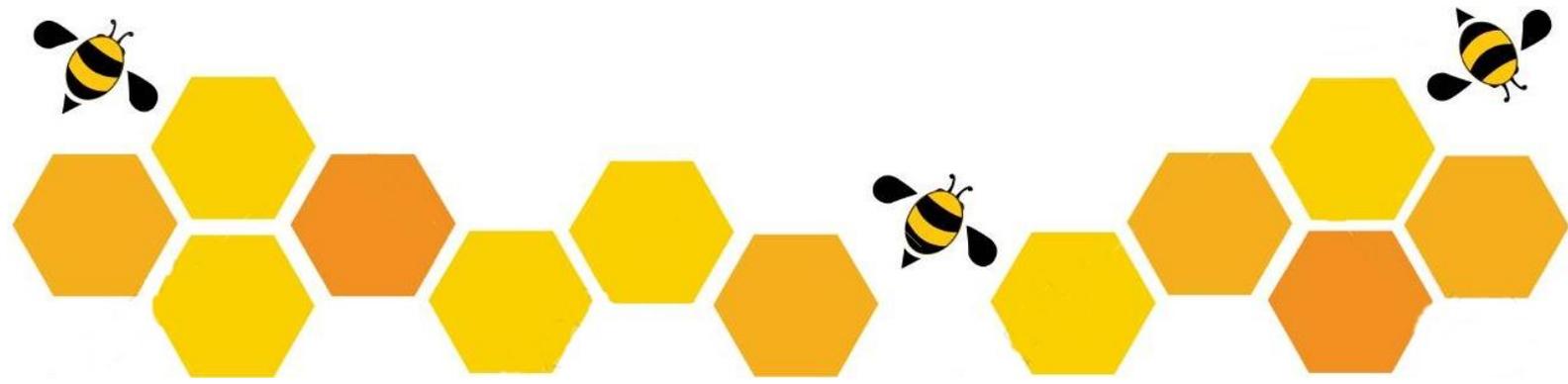


Vivemos esperando
O dia em que
Seremos melhores (Melhores! Melhores!)
Melhores no amor
Melhores na dor
Melhores em tudo, oh oh oh

Vivemos esperando
O dia em que seremos
Para sempre
Vivemos esperando, oh oh oh

Dias melhores pra sempre
Dias melhores pra sempre
Dias melhores pra sempre yeah yeah
Dias melhores pra sempre uuh oh oh

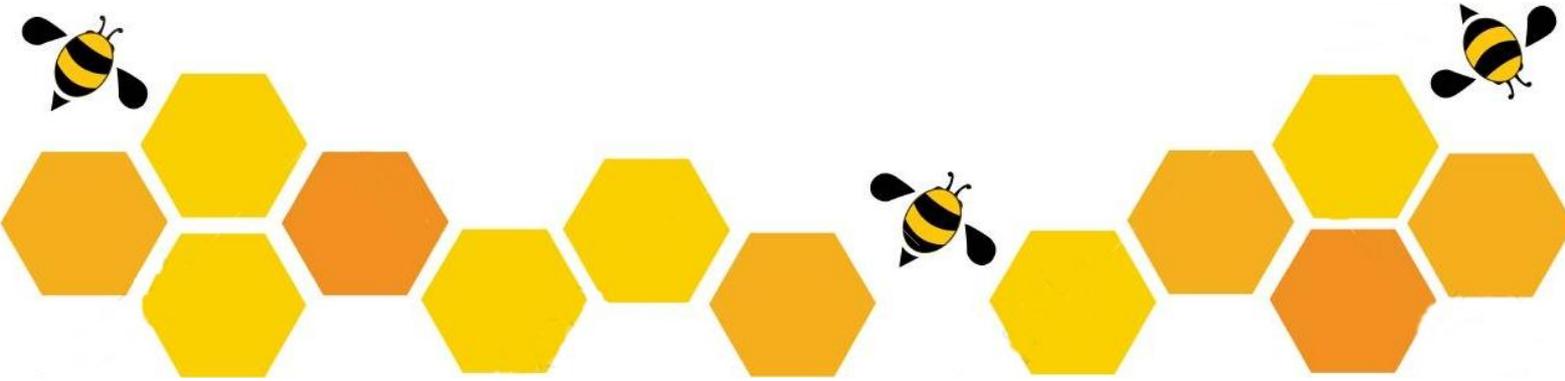
Pra sempre (Sempre! Sempre! Sempre!)





“... e essas pequenas belezas de seis patas [abelhas] têm algo a nos ensinar sobre a criação de grupos que funcionam sem problemas, em especial àqueles capazes de explorar plenamente o poder da tomada de decisões democráticas”.

Thomas D. Seeley



RESUMO

As abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) possuem elevado comportamento enxameatório e alta capacidade de adaptação, características que permitiram sua rápida propagação nas condições tropicais, no entanto, estas vêm gerando problemas nas cidades brasileiras devido ao elevado risco de acidentes com pessoas e animais, uma vez que apresentam um forte instinto defensivo. Este trabalho foi realizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido e teve como objetivo, avaliar as características de enxames silvestres de abelhas africanizadas em Mossoró-RN, com intuito de obter uma melhor compreensão da biologia dessas abelhas em áreas urbanas, entendendo os possíveis fatores envolvidos no processo de nidificação e enxameação nas cidades da região semiárida do Nordeste do Brasil. Para isso, por meio de uma parceria entre a UFERSA e a Corporação de Bombeiros Militar de Mossoró, 487 enxames foram notificados, oriundos de solicitações feitas pela comunidade local durante o período de abril de 2015 a março de 2018. A cada ocorrência, diversas informações sobre os enxames eram registrados como: data, endereço, altura e estrutura do local onde as abelhas estavam alojadas, ocorrência ou não de nidificação, posição de construção dos favos, estimativa do tamanho populacional do enxame, defensividade das abelhas e presença de rainha, realeiras, zangões e cria de zangões. Dados de precipitação pluviométrica, temperatura do ar, umidade relativa do ar, radiação solar e velocidade do vento foram obtidos com intuito de avaliar o efeito das variáveis climáticas sobre a enxameação e os aspectos reprodutivos dos enxames. Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que em zona urbana do semiárido nordestino, os enxames investiram em reprodução e enxameação durante o ano inteiro, contudo, a criação de rainhas e de zangões foi intensificada na estação chuvosa, enquanto o pico de enxameação ocorreu entre o final da estação chuvosa e início da estação seca. A criação de realeiras e zangões nas colônias foram afetadas negativamente nos períodos de maior temperatura, radiação solar e velocidade do vento. Os enxames ocuparam uma enorme quantidade de estruturas e a maioria foram encontrados em locais abertos (enxame exposto), contudo, nos locais fechados (enxame protegido) houve maior predominância de colônias estabelecidas do que enxames não instalados ou provisórios. As abelhas demonstraram preferência por locais com altura menor que 4 metros e também priorizaram a construção de seus favos orientados direcionalmente no sentido leste/oeste. Em Mossoró-RN a maior frequência de enxames ocorre entre abril e setembro e a menor frequência entre outubro e março. Não houve diferença de frequência de enxames entre os períodos de chuvas e secas. Os enxames geralmente apresentavam-se com população de até 20 mil abelhas e com comportamento de baixa defensividade. Concluímos que as produções naturais de rainhas e zangões nas colônias são influenciadas pelas condições ambientais do Semiárido Brasileiro e que as abelhas africanizadas realizam o pico de enxameação reprodutiva nas zonas urbanas no período do ano em que há maior disponibilidade de flores na região e quando a média de temperatura ambiental está amena. Isto nos leva a crer que exista um ajuste comportamental das abelhas *A. mellifera* às condições climáticas da região, evitando condições adversas do clima local. Além disso, constatamos que, apesar de serem generalistas, as abelhas africanizadas apresentam maior grau de exigência quando procuram um sítio para construção do ninho, ao invés de um local provisório apenas para pouso e descanso. Por outro lado, as abelhas escolhem alturas que as protejam dos ventos mais fortes, porém sem deixá-las vulneráveis à ação de inimigos naturais. Concluímos também que os enxames pequenos de abelhas africanizadas (até 20 mil abelhas) são pouco defensivos e que esta baixa defensividade se deva também ao adequado manejo dos enxames (uso de equipamentos apícolas e EPIs) o que facilita o trabalho de resgate das abelhas em locais populosos, tornando possível realizar capturas em áreas urbanas de forma mais segura.

Palavras-Chave: Enxameação; Nidificação; Captura de enxames; Prevenção à acidentes; Semiárido.

ABSTRACT

It Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) have high swarming behavior and high adaptability, characteristics that allowed the rapid propagation of these bees in tropical conditions. However, africanized honey bees have been causing problems in Brazilian cities due to the high risk of accidents that they can cause to people and animals, because they have a strong defensive instinct. This work was carried out on the Federal University of the Semi-Arid Region. The main objective of this research was to evaluate the characteristics of feral swarms of africanized honey bees in Mossoró city, in order to gain a better comprehension of the biology of these bees in urban áreas, understanding the possible factors involved in the nesting and swarming process in cities in the semiarid region of Northeast Brazil. For this, through a partnership between UFERSA and the Fire Brigade of Mossoró, 487 swarms were notified from requests made by the local community during the period from april 2015 to march 2018. In each notification of the presence of bees, various information about the swarms was recorded as: date, address, height and structure of the place where the bees were found, presence or not of nesting, position of the combs, estimate of the number of bees in the swarm, defensiveness of bees, presence of queen, queen cells, drones and combs with drone cells. Data on rainfall, air temperature, relative humidity, solar radiation and wind speed were obtained in order to evaluate the effect of climatic variables on swarming and reproductive aspects of swarms. The results showed that in urban areas of the northeastern semiarid region the swarms invest in reproduction and swarming throughout the year, however, the breeding of queens and drones is intensified in the rainy season, while the swarming peak occurs between the end of the rainy season and beginning of the dry season, which is between the months of april and september. Natural production of queen and drones in the colonies was negatively affected in periods of higher temperature, solar radiation and wind speed. There was a greater predominance of established colonies than temporary bee clusters. Honey bees showed preference for site less than 4 meters high and also prioritized the construction of their combs oriented towards the east/west direction. The lowest frequency of swarms occurs between october and march. There was no difference in the frequency of swarms between the rainy and dry periods. In Mossoró, swarms generally have a population less than 20 thousand bees and with low defensive behavior. We conclude that the natural production of queens and drones in the colonies are influenced by the environmental conditions of the Brazilian Semiarid region and that the africanized honey bees perform the peak of reproductive swarming in urban areas during the period of the year when there is greater availability of flowers in the region and when the average of environmental temperature is mild. This leds us to believe that there is a behavioral adjustment of *A. mellifera* to the climatic conditions of the region, avoiding the adverse conditions of the local climate. In addition, we found that, despite being generalists, the africanized honey bees are more demanding when looking for a nesting site, rather tan a temporary place for landing and resting only. On the other hand, the bees choose heights that protect them from the strongest winds, but without leaving them vulnerable to the action of natural enemies. We also conclude that the small swarms of africanized honey bees (less than 20 thousand bees) are little defensive and that this low defensiveness is also due to the proper management of swarms (use of beekeeper protection clothing and tolls, smoker), which facilitates to catch bees in areas with populous urban locations, making it possible to capture bees more safely in urban áreas.

Key words: Swarming; Nesting sites; Swarm capture; Accident prevention; Semiarid.

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Ocorrências com abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) registradas no Brasil entre 2000 e 2016. A) Número de casos de acidentes; B) Número de óbitos. Fonte: Gráficos elaborados pelo autor com dados do Ministério da Saúde (2017) (portalsaude.saude.gov.br/)	44
Figura 2	Aplicação de fumaça com auxílio de fumegador durante procedimento de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) situados em árvores (A e B), caixa de esgoto (C) e forro de residência (D) na cidade de Mossoró-RN, Brasil	58
Figura 3	Captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. Preenchimento da área do quadro Langstroth com favo único (A) ou mais de um favo (B) para estimular o cuidado das crias pelas operárias e induzir a colônia a permanecer na caixa após a captura	59
Figura 4	Aprisionamento de rainha em gaiola para ser introduzida em uma colmeia, durante processo de captura de enxame silvestre de abelha africanizada (<i>Apis mellifera</i> L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. A) Rainha andando com as operárias sobre o favo. B) Rainha presa em gaiola de arame	60
Figura 5	Enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) em processo de organização e entrada na caixa logo após captura em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil	60
Figura 6	Sugador de Enxames – Aparelho de sucção preparado pela Equipe do Projeto SOS Abelhas para realização de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. A) Tampa do recipiente de aprisionamento das abelhas com mangueira de 3 metros por onde as abelhas são sugadas; B) Lata de ferro fundido de 20 L usada como recipiente de aprisionamento das abelhas com tela de aço no fundo da lata que impede as abelhas de seguir o caminho da força de sucção até o aparelho, mantendo-as presas na lata; C) Aspirador elétrico com potência de 1200 watts; D) Sugador de enxames montado com suas partes conectadas	61
Figura 7	Tela excludora de rainha no alvado da colmeia tipo núcleo de fecundação contendo enxame silvestre de abelha africanizada (<i>Apis mellifera</i> L.), capturado na cidade de Mossoró-RN, Brasil. Vista frontal (A) e lateral (B) do núcleo	65
Figura 8	Preparo para transporte de colmeias com enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) capturados na cidade de	66

Mossoró-RN, Brasil. Colmeia tipo núcleo (A) e ninho Langstroth (B) com tampa presa por tiras de borracha e alvado fechado com esponja para serem transportados (C)

- Figura 9** Um dos apiários do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte – CETAPIS (Atual Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura – NCTA) na Estação Experimental da UFERSA, onde são destinados os enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados na cidade de Mossoró-RN, Brasil, pela Equipe do Projeto SOS Abelhas 67
- Figura 10** Mapa da região de Mossoró-RN, Brasil, com pontos referenciados para monitoramento de “caixas isca” instaladas no entorno do período urbano da cidade para captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) 68
- Figura 11** Média mensal de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) ao longo do ano na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade 72
- Figura 12** Pontos de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período: abril de 2015 a março de 2018 73
- Figura 13** Pontos de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em diferentes meses do ano na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período: abril de 2015 a março de 2018 74
- Figura 14** Áreas de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) de abril de 2015 a março de 2018 na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Comparação do padrão de distribuição de ocorrências entre o (A) período chuvoso (jan-jun, n=245) versus (B) período seco (jul-dez, n=242) e entre (C) período de pico de incidência de enxames (abr-set, n=349) versus (D) período de menor incidência (out-mar, n=138) 75
- Figura 15** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) encontrados em locais com diferentes estruturas na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil 76
- Figura 16** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) encontrados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, no período de abril de 2015 a março de 2018. A) Enxames nidificados e não instalados com diferença significativa. B) Enxames em locais abertos (enxame exposto) ou fechados (enxame protegido em cavidade) com diferença significativa. *Diferiu estatisticamente 77

pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade

- Figura 17** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) registrados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, em locais com diferentes alturas em metros (n=437). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. 78
- Figura 18** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) encontrados na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, com favos construídos tendencialmente nas direções Norte/Sul ou Leste/Oeste (n=161) (A) e enxames nidificados em cavidades com favos na posição perpendicular ou paralela em relação à entrada de vento na colônia (n=84) (B). Período de coleta: fevereiro de 2016 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente; ^{ns}Não apresentou significância estatística pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade 79
- Figura 19** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, avaliados em diferentes tamanhos, proporcionalmente ao número de abelhas por faixas (n=413). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Tamanho populacional=número de abelhas no enxame 80
- Figura 20** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) classificados quanto ao nível de defensividade durante capturas realizadas em perímetro urbano de Mossoró-RN, Brasil. Período de coleta: de abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade 80
- Figura 21** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com presença da rainha (n=375 de 401 enxames avaliados) (A), e zangões (n=165 de 401 enxames avaliados) (B). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente; ^{ns}Não apresentou significância estatística pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade 81
- Figura 22** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com diferença significativa para presença de realeiras (n=148) (A), e para favos com cria de zangões (n=175) (B), pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 82
- Figura 23** Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com diferença significativa para o número médio de realeiras por enxame (n=148) (A) e para o número médio de favos contendo cria de zangão (n=175) (B) pelo Teste T-Student ao 83

nível de 5% de probabilidade. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018

- Figura 24** Média mensal de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) ao longo do ano em função das variáveis climatológicas. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018, Mossoró-RN, Brasil 84
- Figura 25** Presença da rainha em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 85
- Figura 26** Presença de realeiras em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 86
- Figura 27** Média de realeiras encontradas ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 87
- Figura 28** Presença de zangões em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 88
- Figura 29** Presença de cria de zangões ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018 89
- Figura 30** Número médio de favos contendo cria de zangões encontrados ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do 90

vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018

- Figura 31** Localização dos enxames coletados nas “caixas isca” instaladas no entorno de Mossoró-RN, 3 capturas em Rincão, 2 capturas em Governador, 0 enxames nas demais “caixas isca”, no período de setembro de 2019 a fevereiro de 2020 91
- Figura 32** Perfil de vento em diferentes alturas sobre a superfície do solo (Fonte: SILVA, 2008) 104
- Figura 33** Perfil do índice de radiação solar (w/m^2) ao longo do dia no período de fevereiro à julho e de agosto à janeiro em região semiárida do nordeste brasileiro, Mossoró-RN, Brasil. Dados da Estação Meteorológica do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS) 117

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Análise subjetiva para avaliação do comportamento defensivo durante processo de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.)	63
Tabela 2	Enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) nidificados e não instalados encontrados em local aberto (enxame exposto) ou fechado (enxame protegido) na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil (n=449). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018	77
Tabela 3	Número de enxames silvestres de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i> L.) capturados em “caixas isca” no entorno do perímetro urbano de Mossoró-RN	91

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Dr	Doutor
Dra	Doutora
Ms	Mestre
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
PROPLAN	Pró-Reitoria de Planejamento
PROEC	Pró-Reitoria de Extensão e Cultura
PPGCA	Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal
PPGPA	Programa de Pós-Graduação em Produção Animal
DCAT	Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas
FGD	Fundação Guimarães Duque
CETAPIS-RN	Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte
CCTA	Centro de Capacitação Tecnológica em Apicultura
NCTA	Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
MCTIC	Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
EMATER	Instituto de Assistência Técnica e Extensão Rural
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FGMA	Fundo Global para o Meio Ambiente
FUNBIO	Fundo Brasileiro para a Biodiversidade
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IgE	Imunoglobulina E
CCD	Colony Collapse Disorder
NEA	Número estimado de abelhas
PLE	Peso líquido do enxame capturado (total de abelhas em gramas)
PAA	Peso da amostra com 50 abelhas (em gramas)
mm	Milímetro
°C	Graus celsius
%	Porcentagem
w/m ²	Watt por metro quadrado
m/s	Metro por segundo
m ³	Metro cúbico
Ap.	Apêndice

APÊNDICES

Formulários

		Página
Ap. I	Solicitação para captura e remoção de enxames	155
Ap. II	Formulário individual da operação	156
Ap. III	Informações biológicas sobre o enxame	157

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO	
1 INTRODUÇÃO	25
REVISÃO DE LITERATURA	
2 REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1 Dispersão das abelhas africanizadas no continente americano.....	29
2.2 Comportamento enxameatório de <i>Apis mellifera</i>	32
2.3 Comunicação e escolha do sítio de nidificação em <i>Apis mellifera</i>	35
2.4 Termorregulação e influência das condições ambientais nos enxames	38
2.5 Defensividade e acidentes por picadas de abelhas	42
2.6 Importância ecológica/econômica e declínio das abelhas como agentes polinizadores.....	47
OBJETIVOS	
3 OBJETIVOS	54
3.1 Objetivo Geral	54
3.2 Objetivos Específicos	54
MATERIAIS E MÉTODOS	
4 MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1 Local da pesquisa	56
4.2 Coleta de dados sobre o comportamento enxameatório na cidade de Mossoró-RN	56
4.3 Informações para captura de enxames	57
4.4 Procedimentos para realização de capturas de enxames	57
4.4.1 Captura de enxames com ninho (colônia nidificada)	58
4.4.2 Captura de abelhas em processo de enxameação (aglomerado de abelhas ou <i>cluster</i>)	64
4.5 Manejo e destino dos enxames após captura	65
4.6 Coleta de dados sobre captura de enxames em “caixas isca” no entorno da cidade de Mossoró-RN	67
4.7 Variáveis ambientais	68
4.8 Amostragem e estatística	69
4.8.1 Amostragem	69

4.8.2 Análises	69
----------------------	----

RESULTADOS

5 RESULTADOS	72
5.1 Incidência e geolocalização de enxames silvestres na cidade de Mossoró-RN	72
5.2 Características dos enxames e dos locais de ocorrência	76
5.3 Reprodução: investimento em rainhas e zangões	81
5.4 Influência de variáveis climatológicas na enxameação e nos aspectos reprodutivos dos enxames	83
5.5 Enxames capturados em “caixas isca” no entorno da cidade de Mossoró-RN	90

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO	93
6.1 Enxameação e padrão de distribuição de ocorrências de <i>Apis mellifera</i> em ambiente urbano	93
6.2 Biologia das abelhas africanizadas e preferências na escolha do local de nidificação	98
6.3 Aspectos reprodutivos dos enxames na cidade	111
6.4 Resposta reprodutiva dos enxames às condições climáticas em área urbana no semiárido nordestino	114

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
--	-----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
---	-----

APÊNDICES

9 APÊNDICES	155
--------------------------	-----



INTRODUÇÃO



1 INTRODUÇÃO

A apicultura brasileira convive há aproximadamente 64 anos com um novo tipo de abelha, que tem sido internacionalmente reconhecida como abelha africanizada ou Africanized Honey Bee (DE JONG, 1996; GONÇALVES, 1974a, 2006; KAPLAN, 2007). Esta abelha é um poli-híbrido formado em decorrência de cruzamentos ocorridos entre a abelha africana (inicialmente identificada pelo grupo do Prof. Dr. Warwick E. Kerr como *Apis mellifera adansonii* e posteriormente corrigido como sendo *Apis mellifera scutellata*), originária de clima tropical e introduzida no Brasil em 1956, com as abelhas europeias (*A. m. mellifera*, *A. m. ligustica*, *A. m. caucasica* e *A. m. carnica*), originárias de clima temperado e introduzidas no território brasileiro antes da abelha africana (KERR, 1967; KERR *et al.*, 1970; GONÇALVES, 1974a,b; CRANE, 1999; PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; PINTO *et al.*, 2005).

Cada subespécie possui características próprias da sua região de origem, moldadas pela ação da seleção natural, resultando em genótipos bem adaptados ao seu meio ambiente. Nas abelhas africanizadas, a ação da seleção natural tem moldado uma abelha com características comportamentais, produtivas, morfológicas e genéticas, predominantes da subespécie africana (KERR *et al.*, 1970; GONÇALVES, 1970, 1974a,b; GONÇALVES & STORT, 1978; WINSTON *et al.*, 1983; NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 2006).

A alta capacidade de defesa, de adaptação a ambientes inóspitos e reprodução com ciclo de vida mais curto do que as demais subespécies, são exemplos de características das abelhas africanizadas que muito se assemelham às das abelhas africanas nativas. Tais características permitem uma rápida ampliação da biomassa e significativo aumento populacional (DE JONG, 1984, 1996; GONÇALVES, 2006). A união de todos esses fatores contribuiu para que a disseminação das abelhas africanizadas fosse muito rápida, de forma que, atualmente, elas estão presentes em quase todo o continente americano. As abelhas africanizadas migraram a uma velocidade de aproximadamente 250-300 km por ano e ocuparam do paralelo 33 localizado ao sul da Argentina, até o sudeste de Nevada e vale central da Califórnia, Estados Unidos (KREBS, 2001; LAZANEO, 2002; SOARES, 2004; HARRISON *et al.*, 2006; KAPLAN, 2007; FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2012; ZALUSKI *et al.*, 2014).

A abelha africanizada se adaptou muito bem às condições tropicais e se dispersou, rápido e eficientemente, graças ao seu elevado comportamento enxameatório e alta capacidade de adaptação. Tal comportamento ocorre de modo a favorecer a sobrevivência e/ou dispersão das abelhas em época de abundância de alimento na natureza, quando o enxame se divide, processo denominado de enxameação reprodutiva (SOARES, 2004; PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005), bem como em época de escassez, quando o enxame abandona o local, processo chamado de enxameação migratória ou de abandono (CHAUD-NETTO, 1992; PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; FREITAS *et al.*, 2007; ALMEIDA, 2008).

Esses dois mecanismos (enxameação reprodutiva e migratória), embora sejam altamente adaptativos para a sobrevivência e dispersão das abelhas, podem ocasionar sérios problemas em áreas urbanas, como o aumento significativo do número de acidentes com pessoas e animais (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; BAUM *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2011; SANTOS & MENDES, 2016).

As colônias de abelhas exigem uma alta demanda de alimento ao longo do ano e vêm sofrendo com o aumento da degradação ambiental e redução das áreas de matas nativas disponíveis, que conseqüentemente diminuem as plantas produtoras de pólen e néctar, além das disponibilidades de locais de nidificação. Assim sendo, as abelhas africanizadas buscam alternativas de sobrevivência e normalmente encontram nas cidades, condições adequadas para tal (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; BAUM *et al.*, 2008; ZALUSKI *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2015; SILVA & BARRETO, 2016).

Por seu hábito generalista em relação a locais de nidificação, as abelhas africanizadas podem ocupar tanto locais fechados como expostos (SOUSA *et al.*, 2000; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2002; TOLEDO *et al.*, 2006; SILVA & BARRETO, 2016), diferentemente das abelhas de origem europeia, que raramente são encontradas nidificando ao ar livre (SEELEY, 1982; WINSTON, 1991). Frequentemente podem ser observados enxames de abelhas africanizadas instalados em troncos ocos de árvores, tubulações, cavidades em postes ou rochas, cupinzeiros, telhados, forros de casas, latas abandonadas, tambores, pneus, caixas de madeira ou de papelão, entre muitos outros (TOLEDO *et al.*, 2006; ZALUSKI *et al.*, 2014; SANTOS & MENDES, 2016).

Deste modo, em algumas situações as abelhas se posicionam de maneira que podem provocar acidentes (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; BAUM *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2011). Deve-se ressaltar que esses insetos atacam com muito menos

estímulo, em maior número e a uma grande distância, quando comparado às abelhas europeias (STORT, 1971; GONÇALVES, 1974b; GONÇALVES & STORT, 1978; DINIZ & SOARES, 1990; DE JONG, 1996; CRANE, 1999; BREED *et al.*, 2004). Portanto, acidentes podem ser produzidos inadvertidamente ao capinar um gramado, cortar um arbusto, arar um terreno, bater no local do enxame, provocar vibrações sonoras fortes nas proximidades, ou até mesmo quando crianças brincando, atiram objetos nas colmeias, ou simplesmente quando pessoas tentam manipular as abelhas sem os devidos conhecimentos e sem os equipamentos de segurança e proteção. Assim, apesar de não se tratarem de vetores mecânicos ou transmissores diretos de doenças, as abelhas podem se transformar num incômodo em área urbana, podendo gerar impasses públicos e conflitos sociais, principalmente quando provocam a morte de pessoas (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2011; FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2012; ZALUSKI *et al.*, 2014; SANTOS & MENDES, 2016).

Além disso, a presença das abelhas em áreas urbanas tem fortalecido a concepção desses insetos como elementos indesejáveis, geradores de riscos e, portanto, passíveis de eliminação por parte da população e do poder público. De modo que, o papel essencial das abelhas na produção de alimentos, enquanto polinizadores essenciais, tem se tornado aparentemente mascarado neste contexto, destacando a necessidade de medidas corretas de remoção dos enxames, preservando as abelhas.

Estudos científicos sobre a enxameação de abelhas africanizadas (*A. mellifera* L.) em âmbito urbano podem dar suporte à questões-chaves sobre o conhecimento da biologia e comportamento enxameatório das abelhas em áreas edificadas. Pesquisas acerca da época de maior incidência de enxames em uma cidade, áreas mais atrativas, direção de migração, características dos tipos de locais escolhidos por estes insetos para a instalação de colônias e comportamento mediante as variações climáticas ao longo do ano, são exemplos, entre muitas outras, de questões que, quando respondidas, podem ser extremamente úteis para resolver ou amenizar o problema. Baseado nisso, a compreensão desses fenômenos torna viável a elaboração de estratégias eficientes de controle de abelhas africanizadas, prevenindo possíveis acidentes em zonas urbanas.



REVISÃO DE LITERATURA



2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Dispersão das abelhas africanizadas no continente americano

A abelha *Apis mellifera* ocidental é nativa do Velho Mundo, onde possui diferentes linhagens evolutivas originadas da África, Europa, partes do Oriente Médio e Ásia (RUTTNER, 1988; FRANCK *et al.*, 2001; WHITFIELD *et al.*, 2006; SEELEY, 2010; ALQARNI *et al.*, 2011). Essas linhagens incluem aproximadamente 26 subespécies delineadas geograficamente, morfologicamente e geneticamente (RUTTNER 1988; GARNERY *et al.*, 1992, 1993; ARIAS & SHEPPARD, 1996; SHEPPARD *et al.*, 1997; FRANCK *et al.*, 2000; PALMER *et al.*, 2000; WHITFIELD *et al.*, 2006; MAGNUS *et al.*, 2014; WALLBERG *et al.*, 2014). A presença de populações de abelhas *A. mellifera* no continente americano foi resultado de séculos de importação, principalmente das linhagens europeias (SHEPPARD *et al.*, 1991a; HARPUR *et al.*, 2015). As importações de *A. mellifera* começaram com colonos europeus e depois com apicultores e pesquisadores (MORSE *et al.*, 1973; SHEPPARD *et al.*, 1991a).

No Brasil, inicialmente no período colonial, foram introduzidas abelhas com características de baixa defensividade, mais precisamente *A. m. mellifera*, *A. m. ligustica*, *A. m. caucasica* e *A. m. carnica*, originárias de clima temperado (KERR, 1967; PINTO *et al.*, 2005; FAITA *et al.*, 2014), tornando comum a instalação dos apiários próximo às comunidades, a fim de atender às necessidades dos criadores. No entanto, a produção era baixa, afetando de maneira destacável o comércio apícola nacional (NOGUEIRA-NETO, 1964; KERR, 1967, GONÇALVES, 1974a, 1975, 2006).

Visando melhoria na produtividade dos enxames no Brasil, em 1956 o professor Warwick E. Kerr importou rainhas *A. mellifera scutellata* do continente africano, e as introduziu em colônias de um apiário localizado em Rio Claro, São Paulo. Tais abelhas apresentavam excelentes índices de produtividade e alta adaptabilidade ao clima brasileiro, tendo sido trazidas com a intenção de realizar, de maneira controlada, o cruzamento com as abelhas europeias (KERR, 1967; GONÇALVES, 2006; KONO & KOHN, 2015).

Após a introdução das rainhas de abelhas africanas importadas em um apiário de quarentena em um horto florestal (Camacua) em Rio Claro-SP pelo Prof. W. E. Kerr, ocorreu a liberação acidental das rainhas por um apicultor ao retirar as telas excludoras instaladas na frente das colmeias, tendo ocorrido como consequência, a enxameação de várias rainhas, as quais se cruzaram com zangões de diferentes subespécies de abelhas *A. mellifera* europeias anteriormente introduzidas no Brasil. Desses cruzamentos surgiram as abelhas poli-híbridas africanizadas, dando início ao processo de africanização das abelhas em todo território brasileiro (KERR, 1967; KERR *et al.*, 1970, GONÇALVES, 1974a,b; GONÇALVES & STORT, 1978; GONÇALVES, 2006; SPIVAK *et al.*, 2019), que logo se expandiram pela América do Sul e Central onde estabeleceram grandes populações selvagens, mesmo em locais onde as abelhas europeias não conseguiam prosperar (ROUBIK & BOREHAM, 1990; RINDERER *et al.*, 1991; SHEPPARD *et al.*, 1991a,b; WINSTON, 1992). A abelha poli-híbrida passou a ser amplamente utilizada pelos apicultores brasileiros e, devido às características comportamentais, produtivas, morfológicas e genéticas, predominantes da subespécie africana, ficou então conhecida em todo o mundo como Abelha Africanizada ou Africanized Honey Bee (KERR, 1967; GONÇALVES, 1970, 1974a; DE JONG, 1996; GONÇALVES, 2006; KAPLAN, 2007).

As abelhas africanizadas se adaptaram muito bem às condições tropicais e esse fato ficou notório como uma das invasões biológicas mais espetaculares já documentadas (PINTO *et al.*, 2005; SPIVAK *et al.*, 2019). Seu instinto defensivo, alta capacidade reprodutiva e aptidão para fugir em resposta às condições adversas, possibilitaram sua rápida disseminação pelo continente americano (WINSTON, 1992; BREED *et al.*, 2004; COLLINS *et al.*, 1982; GALINDO-CARDONA *et al.*, 2013).

A expansão foi tão rápida que, poucas décadas após a introdução das abelhas africanas no Brasil, a hibridação entre seus descendentes africanizados e as europeias estava sendo relatada em diversos países como por exemplo: Argentina, Peru, México (SHEPPARD *et al.*, 1991a; RINDERER *et al.*, 1991; QUEZADA-EUAN & MAY-ITZA, 2001; PÉREZ-CASTRO *et al.*, 2002), Porto Rico (COX, 1994; GALINDO-CARDONA, 2010) e Estados Unidos (RUBINK *et al.*, 1996; LOPER *et al.*, 1999; PINTO *et al.*, 2004).

No processo enxameatório, os enxames viajam algumas centenas de metros (durante alguns minutos) a vários quilômetros (durante até horas) a procura de novos

locais de ninho (BEEKMAN *et al.*, 2006; SEELEY, 2010). Por essa habilidade, as abelhas africanizadas conseguiram migrar a uma velocidade de aproximadamente 250-300 km por ano e ocupar todo o território do paralelo 33 localizado ao sul da Argentina, até o sudeste de Nevada e vale central da Califórnia, Estados Unidos (KREBS, 2001; LAZANEO, 2002; SOARES, 2004; HARRISON *et al.*, 2006; KAPLAN, 2007; FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2010, 2012; ZALUSKI *et al.*, 2014), embora o padrão de propagação nos Estados Unidos tenha ocorrido de maneira mais irregular e em uma taxa mais lenta do que relatada nos neotrópicos (SCHNEIDER *et al.*, 2004; KONO & KOHN, 2015), isso devido ao frio das regiões mais temperadas (SHEPPARD *et al.*, 1991a). As abelhas africanizadas adaptam-se melhor em áreas que permanecem acima de 16 °C durante o inverno (KONO & KOHN, 2015).

O abandono e a migração dos enxames foram estratégias muito importantes para a sobrevivência das abelhas africanizadas em ambientes nos quais as raças trazidas anteriormente da Europa não se desenvolviam naturalmente (ROUBIK & BOREHAM 1990; RINDERER *et al.*, 1991; SHEPPARD *et al.*, 1991a,b; WINSTON 1992; SPIVAK *et al.*, 2019), como na região da Caatinga brasileira, onde conseguiram estabelecer grandes populações silvestres (SOUSA *et al.*, 2000). Freitas *et al.* (2007) monitoraram de janeiro de 1999 a dezembro de 2001, a chegada e a partida de colônias silvestres de abelhas africanizadas no município semiárido de Canindé-CE e na úmida cidade litorânea de Fortaleza-CE (separadas por uma distância de 120 km). Eles verificaram que as abelhas africanizadas somente nidificaram no Semiárido durante a estação chuvosa e o abandonaram na estação seca, ao contrário do observado em Fortaleza. De acordo com esses autores, é provável que a maioria dos enxames tenha migrado para as áreas litorâneas, onde o clima é mais ameno e muitas espécies vegetais florescem nesta época do ano, porém o excesso de chuvas forçava os enxames a migrarem de volta ao Semiárido durante a estação chuvosa.

Também pelo seu hábito generalista em relação a locais de nidificação, as abelhas africanizadas saem em vantagem sobre as abelhas de origem europeia, pois as africanizadas podem ocupar tanto cavidades de diferentes tamanhos, como locais expostos (SOUSA *et al.*, 2000; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2002; TOLEDO *et al.*, 2006; SILVA & BARRETO, 2016), diferentemente das raças europeias, que raramente são encontradas nidificando ao ar livre (SEELEY, 1982; WINSTON, 1991).

Devido à vantagem seletiva dos genes africanos em condições tropicais, acredita-se que, quando a abelha africanizada chega a um local com uma população de abelhas europeias, há uma grande quantidade de hibridação, apresentando a oportunidade de novas combinações genéticas para aumentar a vantagem de adequação da forma híbrida ao ambiente recém-invadido (PINTO *et al.*, 2005; KONO & KOHN, 2015) e, as vezes, eliminando completamente os genes europeus ao longo do tempo (HARRISON & HALL, 1993; SCHNEIDER *et al.*, 2003; WHITFIELD *et al.*, 2006; GALINDO-CARDONA *et al.*, 2013).

Kono & Kohn (2015) também afirmam que a competição pode fazer com que as abelhas africanizadas desloquem completamente a população de abelhas europeias preexistente. Os Estados Unidos por exemplo, sustentavam grandes populações selvagens de subespécies europeias (SCHIFF *et al.*, 1994; SCHIFF & SHEPPARD, 1995, 1996; RUBINK *et al.*, 1996; LOPER *et al.*, 1999), mas com a chegada e expansão das abelhas africanizadas no Texas, Novo México, Arizona, Nevada e Califórnia, o *pool* genético europeu das abelhas nessas áreas está sendo convertido substancialmente à componente africano (RUBINK *et al.*, 1996; LOPER *et al.*, 1999; PINTO *et al.*, 2004; PINTO *et al.*, 2005). Isso, considerando que os poli-híbridos chegaram nos Estados Unidos em 1990, 33 anos após a introdução da abelha africana no Brasil (SUGDEN & WILLIAMS, 1990).

2.2 Comportamento enxameatório de *Apis mellifera* L.

Nas colônias de insetos sociais (incluindo abelhas), não há controle centralizado, porém, esses insetos são capazes de exercer comportamentos coletivos impressionantes (SEELEY, 2010; MAKINSON & BEEKMAN, 2014), os quais são alcançados através de mecanismos de *feedback* decorrentes das atividades individuais, cada um seguindo um conjunto básico de regras (BONABEAU *et al.*, 1997; CAMAZINE *et al.*, 2001).

A enxameação nas abelhas é um exemplo de comportamento coletivo, um processo complexo, influenciado por múltiplos fatores bióticos e abióticos, que requer uma comunicação e interação muito eficiente entre os indivíduos da colônia, o que o torna um dos fenômenos mais admirados ocorrentes na natureza (SEELEY, 2010),

embora muitos sinais químicos e físicos envolvidos e mecanismos moleculares que o controlam ainda não estejam completamente entendidos (GROZINGER *et al.*, 2014).

Há dois tipos de enxameação conhecidas, a enxameação reprodutiva e enxameação por abandono ou migratória, os quais têm favorecido a adaptação, sobrevivência e rápida expansão das abelhas africanizadas sob condições tropicais (BREED *et al.*, 2004; GALINDO-CARDONA *et al.*, 2013; SPIVAK *et al.*, 2019).

A enxameação reprodutiva, como o nome já diz, é uma estratégia de reprodução que as abelhas melíferas realizam para fins de propagação e dispersão, sendo essencial para dar continuidade à existência da espécie. Este tipo de enxameação ocorre em períodos de grande fluxo de alimento, geralmente com os enxames populosos que, em alguns casos, chegam a 120 mil abelhas. Durante este processo, as operárias criam ao mesmo tempo, várias rainhas, de modo que, quando a primeira está por emergir, parte do enxame deixa a colônia acompanhado da rainha antiga (SOARES, 2004, RANGEL & SEELEY, 2012). Dependendo do tamanho da população de abelhas que fica, quando a rainha emerge, ela pode deixar a colônia com outro grupo de operárias, ou destruir as demais realeiras com as rainhas que estão em desenvolvimento. O primeiro grupo que saiu com a rainha antiga e fecundada é chamado de enxame primário e os subsequentes são denominados de secundário, terciário e assim por diante (GETZ *et al.*, 1982; SOARES, 2004; PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; RANGEL & SEELEY, 2012).

Já a enxameação por abandono ou migratória, é a saída em massa de todos os indivíduos da colônia, demonstrando algum nível de estresse generalizado, podendo ser causado por diversos fatores como altas temperaturas, falta de alimento, predação, manejo inadequado, inundação, etc. Para fugir de um determinado fator estressante, como a fome por exemplo, e evitar a extinção de sua colônia, as abelhas abandonam o ninho e vão em busca de um outro local que apresente condições favoráveis a sua sobrevivência. Este tipo de comportamento ocorre com maior frequência nas abelhas africanas (CHAUD-NETTO, 1992; HEPBURN & RADLOFF, 1998), bem como nas africanizadas (NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 2006; PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; FREITAS *et al.*, 2007; ALMEIDA, 2008).

O abandono e a migração dos enxames foram estratégias muito importantes para a sobrevivência das abelhas africanizadas no Semiárido nordestino, em contraste com as raças europeias que nunca conseguiram estabelecer populações silvestres na região (SOUSA *et al.*, 2000; FREITAS *et al.*, 2007), como discutido no tópico anterior.

Embora o comportamento enxameatório por migração seja fundamental para o sucesso propagativo das abelhas na natureza, por outro lado, representa grandes perdas para o apicultor. Por este motivo, a enxameação deve ser controlada em apiários comerciais, uma vez que este comportamento das colônias reduz a população de abelhas dos apiários e, conseqüentemente, afeta a produção (PEREIRA *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2017).

Nas condições semiáridas do Nordeste Brasileiro, o índice de enxameação é considerado muito alto (PEREIRA *et al.*, 2014; CASTILHOS *et al.*, 2016). Nesse tipo de ambiente, com clima quente e seco, os fatores climáticos extremos (períodos longos de seca, falta de alimento, altas temperaturas e intensa radiação solar) dificultam a manutenção da homeostase térmica das colônias (ALMEIDA, 2008; DOMINGOS & GONÇALVES, 2014; DOMINGOS *et al.*, 2018). Como consequência, os custos energéticos (a nível de colônia) para manter a temperatura interna estável são extremamente elevados, de forma que, muitas vezes, podem levar as abelhas a abandonarem suas colmeias através da enxameação migratória ou por abandono, mesmo na presença de crias e rainha, como foi demonstrado por Almeida (2008).

Apesar do potencial apícola que a Região Nordeste do Brasil representa (GONÇALVES *et al.*, 2010), o clima local tem causado muitas perdas na produção e gerado enormes dificuldades de crescimento no setor. Anualmente os apicultores perdem em média, 50% de suas colônias devido à enxameação por abandono (GONÇALVES, 2004), chegando a perdas de até 90% quando a estiagem é muito prolongada, como ocorreu no ano de 2012 (GONÇALVES *et al.*, 2013; CASTILHOS *et al.*, 2016). Em consequência dos prejuízos causados pelas secas recorrentes nos últimos anos, muitos produtores nordestinos se desestimularam e até desistiram da atividade (PEREIRA *et al.*, 2014; CASTILHOS *et al.*, 2016).

Embora as abelhas africanizadas apresentem alta capacidade de adaptação à uma grande diversidade de ambientes, muitos enxames têm migrado para as áreas urbanas como uma opção de fuga das condições hostis do clima do semiárido (FREITAS *et al.*, 2007), estratégia justificada pelo fato das abelhas serem heterotérmicas, isto é, incapazes de controlar a temperatura corporal por processos internos e, portanto, quando em condições adversas, têm seu desempenho fisiológico drasticamente afetado (JONES *et al.*, 2005; KOVAC *et al.*, 2014; COOK *et al.*, 2016a,b; WANG *et al.*, 2016; DOMINGOS *et al.*, 2018).

Nas cidades, as abelhas encontram bastante oferta de locais de nidificação, representados pela enorme quantidade de edificações, bem como pela presença de grande quantidade de árvores exóticas, as quais não perdem as folhas da copa no período seco do Bioma Caatinga. A estratégia das plantas nativas do semiárido brasileiro (espécies caducifólias) de perder as folhas mediante falta d'água, deixando as plantas “nuas” e aparentemente secas, influenciou na denominação do termo “Caatinga”, que significa “mata-branca” na língua tupi-guarani (LOIOLA *et al.*, 2012). O sombreamento facilita o controle da temperatura do ninho (LOPES *et al.*, 2011; SOMBRA 2013; SANTOS *et al.*, 2017; DOMINGOS *et al.*, 2018), processo realizado pelas próprias abelhas através de ajustes comportamentais, de forma a manter a temperatura em níveis ótimos, dentro de uma faixa térmica entre 33 a 36°C (JONES & OLDROYD, 2007; BONOAN *et al.*, 2014). Além da maior disponibilidade de locais de nidificação, as abelhas encontram em zonas urbanas maior oferta de alimento, tendo em vista que ao longo do ano, sempre há plantas produtoras de pólen e néctar nos quintais irrigados de muitas residências, bem como restos de bebidas açucaradas em pontos comerciais, como lanchonetes. Sendo assim, as abelhas africanizadas encontram nas cidades, alternativas favoráveis à sua sobrevivência (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; BAUM *et al.*, 2008; ZALUSKI, *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2015), explicando o grau elevado de sinantropia destes insetos (SILVA & BARRETO, 2016).

2.3 Comunicação e escolha do sítio de nidificação em *Apis mellifera* L.

Um dos aspectos mais bem estudados sobre o comportamento coletivo de *Apis* spp. é a seleção do local para construção do ninho no decorrer do processo de enxameação das abelhas (MAKINSON & BEEKMAN, 2014). Durante essa tarefa, as abelhas não apenas precisam escolher o melhor local disponível para a construção do ninho, a partir de um conjunto de alternativas, mas também precisam se mover como um grupo coeso em direção ao local escolhido, potencialmente a vários quilômetros de distância (SEELEY, 2010).

Quando uma colônia de abelha *A. mellifera* está pronta para se reproduzir, a rainha velha, juntamente com um grupo de operárias, deixa a colônia e forma um aglomerado temporário, ou *cluster*, nas proximidades do antigo ninho (cerca de 30 a 50

metros), onde ficarão por horas ou dias (SEELEY & MORSE, 1978; SEELEY, 2010). Desse aglomerado, aproximadamente 3 a 5% das operárias, que são abelhas mais velhas e experientes (chamadas de escoteiras, batedoras, exploradoras ou caçadoras de casas – *house-hunting*), voam no ambiente circundante a procura de um novo local para construção do ninho (SEELEY *et al.*, 1979; SEELEY & BUHRMAN, 1999; SEELEY, 2010; BERNARDI *et al.*, 2019).

Uma vez que a escoteira encontra um local de nidificação que considere adequado, ela retorna ao aglomerado de abelhas para comunicar às demais companheiras sobre a distância, direção e qualidade do novo ninho, usando a dança do balanço ou do requebrado (DYER, 2002, SEELEY, 2010). Depois de um período de dança, a abelha escoteira retorna ao local do possível ninho, a fim de reavaliá-lo. E, quando volta ao aglomerado, ela continuará dançando, mas lentamente perderá a motivação a cada retorno subsequente, até que cesse suas atividades (SEELEY & BUHRMAN, 1999). Durante a dança, a abelha agita intensamente o abdômen e realiza giros com o corpo para a esquerda e direita, ou circuitos. O número de circuitos produzidos durante a dança de uma abelha escoteira para indicar um determinado local de nidificação, está correlacionado com a qualidade percebida, sendo assim, locais com melhor qualidade geralmente são indicados por danças com maior número de circuitos (SEELEY & VISSCHER, 2008). Além disso, o entusiasmo na indicação de sítios de alta qualidade persiste por mais tempo e, portanto, estes têm o potencial de recrutar mais seguidores do que sítios de baixa qualidade (BRITTON *et al.*, 2002; SEELEY, 2003; JANSON *et al.*, 2005; PERDRIAU & MYERSCOUGH, 2007).

No decorrer de todo o processo entre os intervalos de dança e reavaliação de um local, as escoteiras também monitoram o número de outras abelhas escoteiras presentes no local com potencial para construção do novo ninho, as quais foram recrutadas com informações passadas pela dança do balanço ou do requebrado. Se o número de outras abelhas escoteiras no novo local de nidificação atingir um nível limite de abelhas, chamado de *quorum* (SEELEY & VISSCHER, 2003; SEELEY & VISSCHER, 2004), então, em seu próximo retorno ao aglomerado, a abelha escoteira, além de cessar a dança, produzirá um sinal auditivo chamado “sinal de parada” (*stop signal*) (SEELEY *et al.*, 2012; MAKINSON & BEEKMAN, 2014).

O sinal de parada é emitido apenas por abelhas escoteiras que perceberam um *quorum* no local do ninho (VISSCHER & SEELEY, 2007), e fazem isso na tentativa de

reduzir a atividade de voo e dança de outras abelhas escoteiras que estejam sinalizando para locais diferentes. Seeley *et al.* (2012) afirmam que a inibição entre grupos de abelhas escoteiras aumenta a confiabilidade da tomada de decisão pelo enxame, resolvendo o problema de impasses gerados na comunicação de locais semelhantes. Acredita-se também que a inibição da atividade de voo com o “sinal de parada” é importante para garantir que as abelhas escoteiras informadas do novo local, permaneçam na superfície do enxame durante a fase final do processo de tomada de decisão, pois são essas escoteiras que atuarão como guias para o enxame (MAKINSON & BEEKMAN, 2014).

Após a tomada de decisão, quando o novo local de moradia foi definido, as escoteiras então estimulam as demais abelhas do aglomerado através da produção de outro sinal auditivo, conhecido como “sinal de tubulação” (*piping signal*), o qual, à medida que seus níveis aumentam dentro do enxame, as abelhas inativas começam a aquecer seus músculos de voo à temperatura em torno de 35°C, necessários para sustentar o voo (SEELEY & TAUTZ, 2001; SEELEY *et al.*, 2003; SEELEY & VISSCHER, 2003). Dessa forma, os sinais de parada (*stop signal*) indicam que o local já está definido e, desse modo, causam inibição das abelhas escoteiras que dançam ativamente, enquanto os sinais de tubulação (*piping signal*) causam excitação das abelhas não-dançarinas, ou seja, as que não estão atuando como escoteiras, de modo que se aqueçam e sejam capazes de voar (SEELEY *et al.*, 2012; MAKINSON & BEEKMAN, 2014). Ambos, *stop signal* e *piping signal*, são sinais mecano-acústicos produzidos por abelhas escoteiras que pressionam seus corpos contra outras abelhas enquanto vibram seus músculos das asas (SEELEY *et al.*, 2012).

Quando as escoteiras excitadas sentirem que as abelhas inativas no aglomerado de abelhas já aqueceram seus músculos de voo o suficiente para voar, então procedem com um sinal de ativação para coordenar a partida do enxame. Elas percorrem o aglomerado do enxame produzindo o “sinal de zumbido” (*buzz-run signal*), que fisicamente desloca ou impulsiona o enxame, forçando-o ao voo (RITTSCHOF & SEELEY, 2008). Uma vez no ar, as abelhas escoteiras agem como guias do enxame, atravessando a “nuvem” de abelhas na direção necessária para viajar, a fim de levar o grupo ao seu novo local de moradia (JANSON *et al.*, 2005; BEEKMAN *et al.*, 2006; SCHULTZ *et al.*, 2008; LATTY *et al.*, 2009; GREGGERS *et al.*, 2013).

Considerando que as abelhas precisam se mover como um grupo coeso em direção ao local escolhido, por vezes a quilômetros de distância (SEELEY, 2010), o deslocamento bem-sucedido depende da capacidade de uma pequena porcentagem de indivíduos informados sobre o local, em transmitir seus conhecimentos (BERNARDI *et al.*, 2019). Essa é uma tarefa que exige comunicação complexa, dado que apenas uma pequena proporção (3 a 5%) do enxame é composto por abelhas escoteiras (SEELEY *et al.*, 1979; SEELEY & BUHRMAN, 1999) e destas, apenas as escoteiras que perceberam um *quorum* no local de ninho, atuam como guias do enxame, o que, na maioria das circunstâncias, resulta em apenas um pequeno grupo de indivíduos responsáveis por levar o enxame ao ar e guiar o grupo até um local predeterminado (MAKINSON & BEEKMAN, 2014, BERNARDI *et al.*, 2018; BERNARDI *et al.*, 2019). Apesar da complexidade em deslocar uma multidão coesa de abelhas para o local escolhido, este fantástico comportamento é quase sempre realizado com êxito, o que o torna um admirável exemplo de comportamento coletivo das operárias, após uma decisão democrática muito bem descrita por Seeley (2010) em seu livro “Democracia das Abelhas”.

2.4 Termorregulação e influência das condições ambientais nos enxames

As abelhas *A. mellifera* são consideradas animais pecilotérmicos, ou seja, possuem um mecanismo que acomoda sua temperatura corporal de acordo com a temperatura ambiental. Estes insetos exercem termorregulação em função das oscilações de temperatura do meio ambiente, sendo que temperaturas baixas normalmente inibem a atividade, enquanto as altas geralmente estimulam o animal (KEFUSS & NYE, 1970). O mecanismo de termorregulação das abelhas *A. mellifera* têm sido relatado principalmente a nível de colônia como um todo (considerada um superorganismo). Stabentheiner *et al.* (2010) afirmam que a homeostase térmica de uma colônia de abelhas é o resultado da cooperação de milhares de indivíduos em um sistema que é regulado por múltiplos fatores.

Entre os insetos sociais, a abelha *A. mellifera* é a mais intensamente investigada a respeito da homeostase térmica da colônia. Sua área de cria no ninho tem a temperatura regulada com precisão, dentro de um intervalo de 32-36°C, com média de 34,5°C

(SIMPSON, 1961; FAHRENHOLZ *et al.*, 1992; BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003).

A cria em si tem uma baixa taxa metabólica (MELAMPY & WILLIS, 1939; KRONENBERG & HELLER, 1982; PETZ *et al.*, 2004) e, visto que não possui capacidade reguladora e não fornece calor suficiente por si só, essa seria incapaz de alcançar constância térmica em um ambiente variável. O aquecimento da cria tem, portanto, que ser realizado pelas abelhas operárias. Este comportamento de aquecimento é induzido por estímulos químicos e propriedades físicas da cria e, segundo Kronenberg & Heller (1982), as células operculadas são mais atrativas do que as abertas.

Como as crias são extremamente dependentes do controle da temperatura, a regulação exata pelas abelhas, torna-se indispensável para o bom desenvolvimento dos indivíduos. Temperaturas acima de 36°C por muito tempo são prejudiciais à cria, e podem causar anomalias no desenvolvimento e morte (WINSTON, 1987), do mesmo modo, se pupas permanecerem por muito tempo abaixo de 32°C, há uma alta incidência de asas e pernas encolhidas e malformações do abdômen (STABENTHEINER *et al.*, 2010). Além disso, quando adultos, podem sofrer de insuficiência neural e comportamental (TAUTZ *et al.*, 2003; GROH *et al.*, 2004; JONES *et al.*, 2005; BECHER *et al.*, 2009). Devido à estas consequências, a precisão da termorregulação é elevada na presença de crias (BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003) e mais variável, sendo geralmente mais baixa, em colônias com menor quantidade ou sem crias (STABENTHEINER *et al.*, 2010).

As abelhas executam este rigoroso controle termorregulatório com diversas atividades que podem variar dependendo da temperatura ambiental. No frio, as operárias conseguem aquecer o ninho graças a capacidade de produção de calor endotérmico, gerado por meio de micro-vibrações musculares e à habilidade do isolamento da área de cria, possibilitando a sobrevivência nos invernos rigorosos das regiões temperadas (SOUTHWICK, 1985; STABENTHEINER *et al.*, 2003; JONES & OLDROYD, 2007). Já se a colmeia está em perigo de superaquecer, as abelhas adultas se dispersam no ninho e, caso a temperatura continue a subir, as abelhas resfriam utilizando um sistema de ventilação, gerando uma corrente de ar com o bater das asas, assim como, coletam água e espalham sobre os favos, de modo a usar o recurso da evaporação (LINDAUER, 1955; KRONENBERG & HELLER, 1982; SOUTHWICK &

MORITZ, 1987). Quando a temperatura torna-se incontrolável, as abelhas abandonam a colmeia (ALMEIDA, 2008; SANTOS *et al.*, 2017).

As condições climáticas devem ter importância considerável nas colônias, pois embora as abelhas tenham a capacidade de controlar seu ambiente de ninho de acordo com suas necessidades para se protegerem contra mudanças ambientais, o vigor das colônias varia quando submetidas à locais diferentes (ECKHOLM *et al.*, 2011; NISBET *et al.*, 2019).

Nisbet *et al.* (2019) afirmam que diferentes condições ambientais são a principal causa das diferenças fenotípicas, como produção de mel, comportamento de forrageamento e capacidade de sobrevivência das colônias, contrariando estudos anteriores que apontavam as diferenças relatadas como sendo resultantes principalmente da composição genética das abelhas.

Diversas pesquisas indicam que as variáveis ambientais externas apresentam efeitos específicos sobre os indivíduos das colônias, como na longevidade das abelhas (SAKAGAMI & FUKUDA, 1968; KERR *et al.*, 1970; SILVA *et al.*, 1991; TOLEDO *et al.*, 2012), defensividade do enxame (BRANDEBURGO & GONÇALVES, 1989; MEDEIROS *et al.*, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2015), reprodução (SEVERSON & ERICKSON, 1989; SILVA, 1993; BROWN & PAXTON, 2009; TOLEDO *et al.*, 2010), forrageamento (VICENS & BOSCH, 2000; MOURA & PEGORARO, 2006; ALVES *et al.*, 2015; DE MATTOS *et al.*, 2018), produtividade (ECKHOLM *et al.*, 2011; NISBET *et al.*, 2019), migração dos enxames (ALMEIDA, 2008; LOPES *et al.*, 2011; PEREIRA *et al.*, 2014), bem como, impacta significativamente o metabolismo e processos fisiológico dos indivíduos (AMDAM *et al.*, 2010; DOMINGOS *et al.*, 2018; NISBET *et al.*, 2019), entre muitos outros efeitos.

As abelhas intensificam a atividade forrageira quando a temperatura ambiental está em torno de 30°C (ALVES *et al.*, 2015; DE MATTOS *et al.*, 2018), mas acima de 40°C, elas geralmente interrompem as coletas de alimento (KERR *et al.*, 1970) e até abandonam a moradia, caso o ninho supere os 41°C (ALMEIDA, 2008). O abandono ocorre quando as abelhas não conseguem baixar a temperatura com ventilação e introdução de água no interior da colônia (ALMEIDA, 2008; DOMINGOS & GONÇALVES, 2014).

De modo semelhante, as abelhas *A. mellifera* são mais ativas em radiação solar superior a 300w/m^2 (VICENS & BOSCH, 2000; MOURA & PEGORARO; 2006; POLATTO *et al.*, 2014; DE MATTOS *et al.*, 2018), mas sofrem diversos distúrbios internos quando os índices de radiação giram em torno de 700w/m^2 (DOMINGOS *et al.*, 2018), como ocorre no clima semiárido brasileiro, chegando frequentemente à índices superiores a 1.000w/m^2 por volta do meio dia (SILVA *et al.*, 2010). A atividade de forrageamento melhora quando o ambiente está com baixa velocidade do vento (VICENS & BOSCH, 2000) e também a umidade relativa do ar está reduzida a cerca de 45% (ALVES *et al.*, 2015).

A defensividade dos enxames também sofre influência do clima. Brandeburgo (1986) submeteu colônias oriundas de Ribeirão Preto-SP às condições de Recife-PE e vice-versa, e constatou que quando as colônias de Ribeirão Preto eram avaliadas em Recife, sempre apresentavam-se mais defensivas, enquanto as mesmas colônias de Recife comportavam-se menos agressivas quando instaladas em Ribeirão Preto. Nas condições da região de Jaboticabal-SP, Malerbo-Souza *et al.* (2002) não encontrou enxames classificados como defensivos, assim como Maniglia (1994) nas condições de Ituverava-SP, o que pode ser resposta das condições ambientais mais amenas do sudeste do país, como também foi mencionado por Brandeburgo (1986). Outros trabalhos relataram efeitos da temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar e horário do dia sobre a defensividade dos exames (KASPEREK *et al.*, 2012; MEDEIROS *et al.*, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2015; SÁ & SOUSA, 2019), demonstrando claramente a forte influência das condições ambientais no comportamento das abelhas.

Na maior parte do Nordeste do Brasil, o clima é considerado semiárido (Bioma Caatinga) e com pouca intensidade pluviométrica (MARENGO *et al.*, 2011). As altas temperaturas resultantes da forte radiação da região são frequentemente o fator limitante para o equilíbrio térmico das colônias (ALMEIDA, 2008; DOMINGOS & GONÇALVES, 2014), chegando muitas vezes, a causar o aquecimento interno da colmeia a ponto de acarretar no derretimento dos favos de cera, induzindo as abelhas ao abandono da colmeia (LOPES *et al.*, 2011). Além do alto índice de abandono das colmeias no semiárido da Caatinga brasileira (LOPES *et al.*, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2013; CASTILHOS *et al.*, 2016), o comportamento interno das colônias e fisiologia das abelhas africanizadas também são afetados pela temperatura elevada nesse ambiente (SANTOS *et al.*, 2017; DOMINGOS *et al.*, 2018).

Embora a maioria dos estudos sobre termorregulação de abelhas tenham sido realizados em regiões de clima temperado e, portanto, geralmente não condizendo com a realidade de clima quente, acredita-se que as condições climáticas devam afetar a dinâmica de enxameação nessas regiões, tendo em vista que provocam altos índices de abandono dos enxames (ALMEIDA, 2008; PEREIRA *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2013; CASTILHOS *et al.*, 2016; KRIDI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017).

2.5 Defensividade e acidentes por picadas de abelhas

A defensividade é considerada um comportamento de defesa por parte das abelhas que protege sua colônia de inimigos naturais e potenciais saqueadores, uma vez que seus ninhos contêm estoques de mel e pólen, além da abundância de cria, que atrai diversos tipos de predadores em busca de alimento (WINSTON, 1987; KASPEREK *et al.*, 2012; SÁ & SOUSA, 2019).

Semelhante a todos os membros do grupo *Apoidea* (abelhas), *A. mellifera* pode picar apenas uma vez, pois o ferrão (ovipositor modificado) possui farpas que o prende na pele da vítima, garantindo assim maior dosagem injetada e aumentando a eficácia da ação defensiva. No entanto, quando é puxado, sai do abdômen junto com a glândula de veneno e partes anexas, resultando na morte da abelha (WINSTON, 1987; FITZGERALD & FLOOD, 2006; RAYAMANE *et al.*, 2014; HUGHES, 2019).

As abelhas africanizadas apresentam características de defensividade bastante elevadas, sendo estimuladas à defesa pela movimentação, vibrações no solo, cor escura, cheiro e temperatura do corpo (BRANDEBURGO, 1986; BREED *et al.*, 2004). Quando comparadas às abelhas de origem europeia, as africanizadas atacam com muito menos estímulo, em maior número e a uma grande distância (STORT, 1971; GONÇALVES, 1974b; DINIZ & SOARES, 1990; DE JONG, 1996; CRANE, 1999; BREED *et al.*, 2004; FAITA *et al.*, 2014). Com apenas uma leve provocação de seus ninhos, as abelhas podem atacar ferozmente e com grande parte do enxame. Após cerca de 15 a 20 segundos do início do ataque a um inimigo localizado na frente da colmeia, tornam-se muito agressivas, saem em grande quantidade do ninho voando para todos os lados e ferroando todos que encontrar pela frente, podendo assim resultar em centenas ou até milhares de picadas nas vítimas (MUÑOZ-ARIZPE *et al.*, 1992; ARIUE, 1994;

DAISLEY, 1998; BRESOLIN *et al.*, 2002; FITZGERALD & FLOOD, 2006; MEDEIROS *et al.*, 2013; KONO & KOHN, 2015).

É relatado um grande potencial de reação tóxica nos ataques de abelhas africanizadas, no entanto, isso não é atribuído à mudanças no veneno, e sim, ao resultado direto da maior dose de veneno injetado na vítima, devido ao grande número de picadas por ataque (BETTEN *et al.*, 2006; FITZGERALD & FLOOD, 2006). O veneno das abelhas africanizadas é considerado quase idêntico ao das abelhas de origem europeia e não com toxicidade superior (MUÑOZ-ARIZPE *et al.*, 1992; BETTEN *et al.*, 2006 FITZGERALD & FLOOD, 2006).

Esse comportamento defensivo exagerado das abelhas africanizadas lhe rendeu o apelido pela mídia internacional de “abelhas assassinas” (GONÇALVES, 1974b; DAISLEY, 1998; HUGHES, 2019), terminologia inapropriada e intensamente combatida (GONÇALVES, 1974b). Esse comportamento também foi o principal responsável por um grande impacto na atividade apícola do Brasil no início do processo de africanização (até década de 1970), uma vez que não se conhecia como lidar com essa extrema defensividade, ocasionando a redução de apiários e até o abandono da atividade por muitos apicultores (GONÇALVES, 1974a,b; DE JONG, 1996, GONÇALVES, 2006). Com apenas essas abelhas do gênero *Apis* no território brasileiro, a apicultura nacional teve que passar por mudanças radicais e o apicultor, aos poucos, se adaptou à esse “novo” material biológico (GONÇALVES, 1974; DE JONG, 1996; GONÇALVES, 2006), de modo que hoje os poli-híbridos africanizados são as abelhas preferidas por muitos apicultores brasileiros, considerando que essa característica defensiva protege as colmeias de possíveis roubos (DE JONG, 1996; DE SOUZA *et al.*, 2012).

Em virtude dessa alta defensividade, a presença de abelhas nas cidades, onde há bastante movimento de pessoas e animais, pode propiciar acidentes de forma inesperada, simplesmente ao perturbar um enxame com práticas comuns do cotidiano urbano como, por exemplo, podar uma árvore ou bater no local onde estão situadas (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; BAUM *et al.*, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2011). Portanto, devido à natureza defensiva das abelhas africanizadas e consequentes ataques, com a possibilidade da vítima receber milhares de picadas, esses insetos, quando em locais inadequados, representam um risco à saúde pública (HUGHES, 2019), podendo gerar transtornos e conflitos sociais de alta magnitude, principalmente quando

provocam a morte de pessoas (PEREIRA & CHAUD-NETTO, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2011; FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2010, 2012; ZALUSKI *et al.*, 2014; SANTOS & MENDES, 2016).

Segundo o Ministério da Saúde (BRASIL, 2016), os dados da situação epidemiológica da população em relação à presença de abelhas nas cidades merecem atenção. No período de 2012 a 2016, foram registrados 60.399 casos de acidentes com abelhas em todo território brasileiro (Figura 1A), sendo que destes, houve 162 casos de óbitos (Figura 1B). O Ministério da Saúde ainda alerta para o fato do número de casos aumentar significativamente ao longo dos anos, pois de 2000 a 2016 o Brasil registrou mais de 120.000 ocorrências de acidentes com abelhas, das quais a maioria ocorreu nos últimos dez anos.

Tem sido relatado que, desde a última década, o número de pacientes com alergias à picadas (de insetos em geral) também aumentou, sendo que isto acomete aproximadamente de 1 a 7% da população mundial (ADNAN, 2018; HUGHES, 2019), com mais frequência relatada entre a população de meia e terceira idade (DECKER *et al.*, 2008; PATEL *et al.*, 2011).

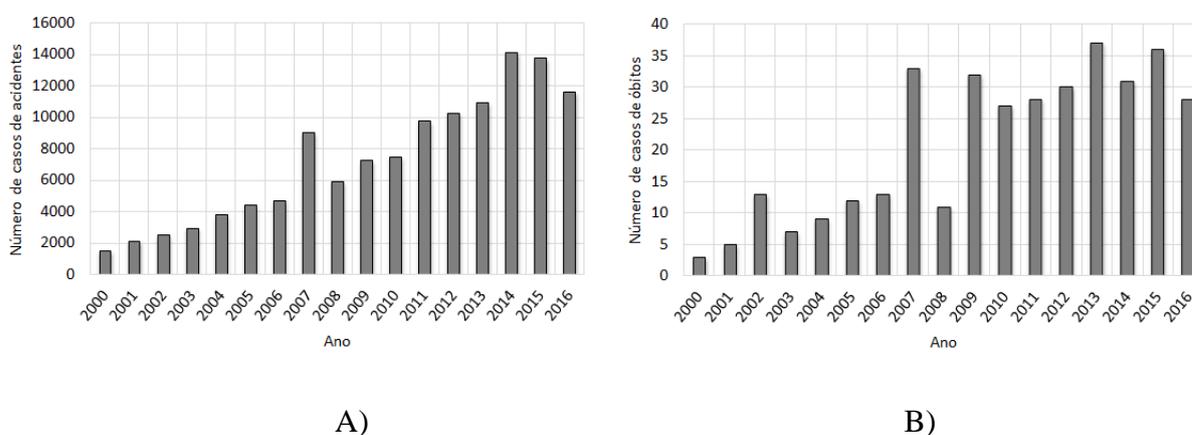


Figura 1. Ocorrências com abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) registradas no Brasil entre 2000 e 2016. A) Número de casos de acidentes; B) Número de óbitos. Fonte: Gráficos elaborados pelo autor com dados do Ministério da Saúde (2017) (portalsaude.saude.gov.br/).

As alergias à picadas de himenópteros variam de reações locais a graves, ou até a morte (ADNAN, 2018; HUGHES, 2019). Uma picada de abelha pode ocasionar apenas reações comuns como dor intensa no local, vermelhidão, inchaço e coceira. Mas em

casos graves, quando o indivíduo possui hipersensibilidade ao veneno, uma única picada pode acarretar reação alérgica sistêmica, que é basicamente mediada pela presença de uma proteína do sistema imune (IgE – imunoglobulina E). Os processos fisiológicos decorrentes desses casos podem ser: hipotensão (queda na pressão sanguínea); vômito, mal-estar, tontura e/ou desmaio; sensação de pânico; taquicardia (aumento da frequência cardíaca); angioedema de laringe (edema de glote); broncoconstrição (dificuldade para respirar); coceira e inchaço em várias partes do corpo e câibras no estômago. Esses casos de reação alérgica sistêmica podem ocasionar um quadro de choque anafilático, o qual, em casos graves, pode ser fatal no período de poucos minutos (BARR, 1971; EWAN, 1998; VETTER & VISSCHER, 1999; BETTEN *et al.*, 2006; FITZGERALD & FLOOD, 2006; RAYAMANE *et al.*, 2014; GODDARD, 2016; ADNAN, 2018; HUGHES, 2019).

Os sintomas neurológicos mediante picadas de himenópteros são pouco mencionados, mas vários casos de manifestações neurológicas graves e lesões cerebrais envolvendo o sistema nervoso central e periférico também foram globalmente relatados. Podem ocorrer neurite periférica (ROSS, 1939), miastenia grave (BRUMLIK, 1976), acidente vascular cerebral (CRAWLEY *et al.*, 1999), encefalite (SACHDEV *et al.*, 2002; REISMAN, 2005), encefalomielite aguda disseminada (BOZ *et al.*, 2003), encefalopatia, mielopatia e radiculopatia (LIKITTANASOMBUT *et al.*, 2003), neuropatia óptica isquêmica (ZAMBRANO-INFANTINO *et al.*, 2013) e polirradiculoneuropatia inflamatória aguda (WANI *et al.*, 2014).

Pessoas que não são hipersensíveis também podem vir a óbito por picadas de abelhas, nesse caso, após sofrer um envenenamento maciço, ou "síndrome do envenenamento". Esta é uma complicação relatada após ataque de grande quantidade de abelhas (ARIUE, 1994; DAISLEY, 1998; BRESOLIN *et al.*, 2002; BETTEN *et al.*, 2006; FITZGERALD & FLOOD, 2006; SILVA *et al.*, 2013; RAYAMANE *et al.*, 2014). A "síndrome do envenenamento" é uma reação mediada não imune, resultante dos efeitos tóxicos diretos de um grande volume de veneno inoculado (BETTEN *et al.*, 2006; HUGHES, 2019). A dose letal estimada para provocar essa síndrome em humanos adultos é de 500 a 1000 picadas, embora esse número possa ser bem menor para crianças, idosos e indivíduos com baixo peso, devido à um potencial menor do volume de distribuição do veneno no corpo (VETTER & VISSCHER, 1999; BETTEN

et al., 2006; FITZGERALD & FLOOD, 2006; SILVA *et al.*, 2013; RAYAMANE *et al.*, 2014; HUGHES, 2019).

Os mecanismos fisiopatológicos que ocorrem após a “síndrome do envenenamento” incluem: toxicidade direta à grande quantidade de veneno; hemólise intravascular (hemácias são agredidas por melitina) e hipotensão profunda por causa da liberação maciça de histamina (FITZGERALD & FLOOD, 2006; HUGHES, 2019). Por um efeito cumulativo e em cascata, esses mecanismos podem produzir falência de vários órgãos por meio de uma combinação de rabdomiólise (insuficiência renal causada por ruptura muscular), hipercalemia (condição caracterizada por níveis muito altos de potássio no sangue), hemólise (rompimento da membrana das hemácias), hipotensão (pressão arterial baixa), trombocitopenia (deficiência de plaquetas), lesão renal aguda (insuficiência dos rins na filtrarem do sangue), danos às células do miocárdio (morte das células do coração), necrose hepatocelular (morte das células do fígado), coagulação intravascular disseminada (coagulação do sangue por todo o corpo) ou hemorragia (perda súbita de sangue) (MUÑOZ-ARIZPE *et al.*, 1992; ARIUE, 1994; BRESOLIN *et al.*, 2002; BETTEN *et al.*, 2006; FITZGERALD & FLOOD, 2006; NANDI & SARKAR, 2012; AKDUR *et al.*, 2013; KUMAR *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2013; HUGHES, 2019).

Após um ataque, em casos leves com reações locais simples, geralmente é recomendado compressas frias, elevação do membro afetado e, as vezes, também podem ser administrados via oral, anti-histamínicos (antagonistas dos receptores H1 e H2) ou corticosteroides (anti-inflamatórios esteroides) (KARABUS, 2012; ADNAN, 2018). No entanto, em casos de reações alérgicas graves, é recomendada a aplicação urgente de Epinefrina – adrenalina injetável (DEMAIN *et al.*, 2010) ou administrar imunoterapia específica com veneno de *A. mellifera* para casos de ataque em massa (WATANABE *et al.*, 2010; ADNAN, 2018).

Apesar dos recentes avanços no aprimoramento do diagnóstico e as atualizações nos procedimentos de tratamento, os quais apresentam perspectivas de redução da mortalidade causada por picadas de abelhas (ADNAN, 2018), a prevenção ainda é o melhor caminho e necessita ser buscada como principal alternativa para evitar acidentes com esses insetos. Deve-se sempre considerar o alto custo da Epinefrina comercial, a necessidade de intervenção terapêutica urgente em situações de reações alérgicas sistêmicas e, frequentemente, a distância e dificuldade para a vítima chegar à uma

unidade de atendimento médico em tempo hábil, assim como o risco fisiológico do tratamento com imunoterapia para crianças e idosos, por exemplo (WATANABE *et al.*, 2010).

2.6 Importância ecológica/econômica e declínio das abelhas como agentes polinizadores

A presença das abelhas em áreas urbanas e seus possíveis transtornos em ambientes com trânsito de pessoas e animais têm fortalecido a concepção desses insetos como elementos indesejáveis, geradores de riscos e, portanto, passíveis de eliminação por parte da população e do poder público. De modo que, o papel primordial das abelhas na conservação ambiental e na produção de alimentos, enquanto polinizadores essenciais, tem se tornado aparentemente mascarado neste contexto.

A polinização é um serviço ecossistêmico necessário para a produção agrícola em todo o mundo, cooperando para o rendimento, em termos de quantidade e/ou qualidade da maioria das culturas de frutas, castanhas, oleaginosas e fibras (KLEIN *et al.*, 2007; RICKETTS *et al.*, 2008; GIANNINI *et al.*, 2015; IPBES, 2016), bem como, contribuindo para a segurança alimentar da população, por fornecer alimentos essenciais e micronutrientes para a saúde humana (LAUTENBACH *et al.*, 2012; CHAPLIN-KRAMER *et al.*, 2014).

Acredita-se que o crescimento da população exigirá um aumento da produção agrícola em pelo menos 70% até 2050 (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, 2010), portanto, a agricultura precisa aumentar a produção e gerar mais alimentos, protegendo a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, sem mais ameaças ao meio ambiente, como defende o PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP, 2011).

Diante desse desafio, as abelhas com seus serviços de polinização apropriada, tornam-se fundamentais para o suprimento de recursos alimentares (GIANNINI *et al.*, 2015), considerando que a produção de grande parte dos alimentos depende direta ou indiretamente de plantas polinizadas (KLEIN *et al.*, 2007; KREMEN *et al.*, 2007; AIZEN *et al.*, 2009, CALDERONE, 2012), assim como a qualidade dos frutos, refletindo no seu valor econômico (GARRATT *et al.*, 2014; KLATT *et al.*, 2014).

O valor anual da polinização, como contribuição econômica global para a produção de alimentos, foi estimado entre US\$ 235 a US\$ 577 bilhões (LAUTENBACH *et al.*, 2012; POTTS *et al.*, 2016). Só nos Estados Unidos, os serviços de polinização prestados por colônias de abelhas *A. mellifera*, gerenciadas comercialmente, são avaliados entre US\$ 14,2 a US\$ 23,8 bilhões por ano (DEGRANDI-HOFFMAN *et al.*, 2019).

No Brasil há poucos estudos sobre o valor econômico da polinização, no entanto, uma parceria entre a Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecosistêmicos (BPBES) e a Rede Brasileira de Interações Planta-Polinizador (REBIPP), publicou recentemente o 1º Relatório Temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimento no Brasil (WOLOWSKI *et al.*, 2019), no qual mostra o quanto a agricultura brasileira é dependente dos polinizadores, principalmente as abelhas. Os autores avaliaram um total de 289 plantas cultivadas e silvestres, utilizadas direta ou indiretamente na produção de alimentos. Em 91 delas foi possível avaliar o nível de dependência da polinização, sendo classificadas de acordo com o percentual de incremento na produção com a ação de polinizadores. Os resultados mostraram que 69 plantas têm algum grau de dependência da polinização para se reproduzirem, sendo que, 32 delas têm a polinização como essencial (incremento de 90% a 100% na produção com a ação de polinizadores); 22 têm alta dependência (incremento de 40% a 90%); 9 têm dependência modesta (incremento de 10% a 40%) e 6 estão na faixa de pouca dependência (incremento de 0% a 10%) (WOLOWSKI *et al.*, 2019).

Giannini *et al.* (2015) e Wolowski *et al.* (2019) afirmam que aproximadamente um terço das culturas brasileiras tem uma dependência muito forte dos polinizadores. Com base nessa taxa de dependência de polinizadores e no valor da produção anual das culturas, tem sido divulgado que o valor estimado do serviço ecossistêmico prestado pelos polinizadores no Brasil seja em torno de US\$ 12 bilhões anualmente (GIANNINI *et al.*, 2015; WOLOWSKI *et al.*, 2019). No entanto, acredita-se que, na realidade, essa cifra deva ser ainda maior, já que nem sempre há dados disponíveis para fazer o cálculo com determinadas culturas (WOLOWSKI *et al.*, 2019). Além disso, os visitantes florais promovem um aumento significativo da qualidade da fruta em algumas culturas, que é um benefício indireto e muito difícil de medir, mas extremamente importante para o mercado agrícola (GIANNINI *et al.*, 2015).

Diante do crescimento nos últimos anos da divulgação de pesquisas a respeito das interações planta-abelha e da dependência dos polinizadores para produção de alimentos (GARIBALDI *et al.*, 2013; PACHECO-FILHO *et al.*, 2015), tem também aumentado mundialmente a demanda por abelhas em plantios comerciais de diversas culturas, inclusive no Brasil. Na região do Nordeste Brasileiro, por exemplo, há um enorme potencial de crescimento das práticas de polinização agrícola com abelhas em cultivos de melão (SOUSA *et al.*, 2009; SOUSA *et al.*, 2012; SOUSA *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2015; FERNANDES *et al.*, 2019), melancia (ARAÚJO *et al.*, 2014; BOMFIM *et al.*, 2015), caju (FREITAS & PAXTON, 1998; HOLANDA-NETO *et al.*, 2002; FREITAS *et al.*, 2014), oleaginosas (gergelim, girassol e algodão) (CRUZ & FREITAS, 2013; MACHADO & CARVALHO, 2016) e até de plantas originárias de clima temperado, como a maçã (MONTEIRO *et al.*, 2015).

Além da importância para a produção de alimentos, as abelhas são fundamentais para a manutenção da biodiversidade na natureza, fazendo o crescente interesse pela conservação das abelhas se tornar proeminente, tanto nos círculos científicos quanto na política (SPIVAK *et al.*, 2011; PACHECO-FILHO *et al.*, 2015; KRAFT, 2018; HALL & STEINER, 2019). A sustentabilidade da fauna depende do sucesso reprodutivo das plantas, que por sua vez, dependem da polinização. Mais de 80% das plantas com flores do mundo precisam ser polinizadas por insetos para conseguirem se reproduzir (OLLERTON *et al.*, 2011; HALL & STEINER, 2019) e, as abelhas, são os polinizadores mais eficazes, responsáveis por cerca de 90% de toda a polinização global (BUCHMANN & NABHAN, 2012; WILSON & CARRIL, 2015).

Apesar da importância dos polinizadores para os ecossistemas naturais e a produção de alimentos, há um declínio mundial no número e na saúde dos polinizadores silvestres e domesticados (BIESMEIJER *et al.*, 2006; POTTS *et al.*, 2010; CAMERON *et al.*, 2011; LAURENT *et al.*, 2015; CASTILHOS *et al.*, 2019a). Na contramão desse declínio, as culturas que dependem deles estão aumentando globalmente em termos de demanda, e essa tendência é mais forte no Hemisfério Sul, onde as culturas dependentes são mais numerosas (AIZEN *et al.* 2009; GIANNINI *et al.*, 2015). Num cenário com potencial de perda de polinizadores, a produção de três categorias de alimentos (frutas, vegetais e estimulantes), estaria muito abaixo do nível de consumo atual (GALLAI *et al.*, 2009; GIANNINI *et al.*, 2015).

A baixa produtividade em culturas dependentes de polinizadores tem sido relacionada a uma redução da quantidade e da diversidade de polinizadores (GARIBALDI *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2014), o que resulta em polinização inadequada, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos (AIZEN & HARDER, 2007; GARIBALDI *et al.*, 2011; FERNANDES *et al.*, 2019).

A abelha *A. mellifera* é a espécie mais utilizada no mundo em sistemas de polinização de cultivos, no entanto, populações dessa abelha têm sofrido mortes em massa em regiões da Europa e da América do Norte devido ao fenômeno da desordem do colapso da colônia (*Colony Collapse Disorder – CCD*) (BARRON, 2015; LAURENT *et al.*, 2015; CHAUZAT *et al.*, 2016; GIL-LEBRERO *et al.*, 2017). Muitos trabalhos afirmam que apicultores comerciais nos EUA registraram até 45% de perdas anuais de colônias desde 2006 (VANENGELSDORP *et al.*, 2009; ELLIS *et al.*, 2010; MULLIN *et al.*, 2010; CORNMAN *et al.*, 2012; RAVOET *et al.*, 2013; CAVIGLI *et al.*, 2015; KULHANEK *et al.*, 2017; GLENNY *et al.*, 2017; BRUTSCHER *et al.*, 2019). Esse fenômeno se caracteriza principalmente pela perda brusca de abelhas operárias, evidenciada pelo enfraquecimento ou morte da colônia com excesso de crias (PIRES *et al.*, 2016). Embora alguns pesquisadores brasileiros neguem a existência de *CCD* no Brasil, este fenômeno foi constatado por D. Message em seu apiário em Altinópolis-SP (MESSAGE *et al.*, 2010).

O motivo a que se deve a ocorrência desse fenômeno ainda é controverso entre os pesquisadores e vários estudos têm sido conduzidos para discutir a origem do *CCD*, os quais apontam para diferentes causas, sendo que o uso de agrotóxicos em larga escala nas lavouras parece ser o principal responsável (MAINI *et al.*, 2010; DOUGLAS & TOOKER, 2015; RUNDLÖF *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015; PACÍFICO-DA-SILVA *et al.*, 2016; CASTILHOS *et al.*, 2019a,b). Porém, várias pesquisas também sugerem outras possibilidades para a ocorrência do *CCD*, como mudanças climáticas, estresse, patógenos, desmatamentos, monoculturas agrícolas, falha reprodutiva da rainha, entre outros (BIESMEIJER *et al.*, 2006; OLDROYD, 2007; VANENGELSDORP *et al.*, 2009; ELLIS *et al.*, 2010; MULLIN *et al.*, 2010; POTTS *et al.*, 2010; CORNMAN *et al.*, 2012; TSCHARNTKE *et al.*, 2012; RAVOET *et al.*, 2013; BARRON, 2015; CAVIGLI *et al.*, 2015; GOULSON *et al.*, 2015; SEITZ *et al.*, 2015; KULHANEK *et al.*, 2017; GLENNY *et al.*, 2017; BRUTSCHER *et al.*, 2019).

Apesar da literatura relatar mais perdas de *A. mellifera* em regiões da Europa e da América do Norte, também ocorrem registros de perdas de abelhas africanizadas na América do Sul, como aponta os dados registrados numa pesquisa *online* baseada no uso de um aplicativo (BEE ALERT) que realiza o monitoramento de perdas de colônias de abelhas (GONÇALVES, 2014). No Brasil não há grandes problemas com doenças, sendo que as perdas de colônias são ocasionadas principalmente pela aplicação de agrotóxicos nas lavouras (SILVA *et al.*, 2015; CASTILHOS *et al.*, 2019a,b) e também devido às secas recorrentes na região do Semiárido Brasileiro (ALMEIDA, 2008; PEREIRA *et al.*, 2014; GONÇALVES *et al.*, 2013; CASTILHOS *et al.*, 2016; KRIDI *et al.*, 2016; SANTOS *et al.*, 2017).

Em razão do importante serviço ecossistêmico prestado pelas abelhas, algumas iniciativas públicas tentam inibir o extermínio destes insetos, como por exemplo, o Projeto de Conservação e Manejo de Polinizadores para uma Agricultura Sustentável através da Abordagem Ecológica, aprovado pelo Fundo Global para o Meio Ambiente (FGMA) e implantado em diversos países, como no Brasil, por meio de seu desdobramento conhecido como Projeto Polinizadores do Brasil, gerenciado pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO), o qual foi implantado para promover estudos sobre polinizadores em países em desenvolvimento (www.polinizadoresdobrasil.org.br).

Outro exemplo foi uma iniciativa do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN), liderada pelo Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves, que lançou a campanha “Sem Abelha, Sem Alimento”, com intuito de conscientizar a população para a importância dos polinizadores e para a proteção e manutenção da vida de todas as espécies de abelhas (www.semabelhasemalimento.com.br).

Uma iniciativa pública em forma de Lei Municipal, sancionada em julho de 2019 pela Câmara Municipal de Sorocaba-SP (Lei 12.013), prevê a aplicação de multa em torno de R\$ 3.000,00, caso um infrator seja flagrado destruindo um enxame de abelhas no município, podendo ser cobrado o dobro desse valor em casos de reincidência (O DEDA QUESTÃO, 2019).

Diante da preocupação crescente com o declínio dos polinizadores no Brasil e no mundo, as condutas de extermínios dos enxames em áreas urbanizadas, usando frequentemente "lança chamas" ou venenos, são polêmicas e inadequadas. Atualmente,

a atividade de remoção dos enxames de abelhas africanizadas nas cidades brasileiras é exercida principalmente pelo poder público, especialmente o Corpo de Bombeiros, mas estes por sua vez, em geral não são adequadamente treinados para fazer a captura e o transporte de enxames para um local seguro. Além disso, nas cidades maiores há muitas solicitações para a remoção destes insetos, e frequentemente o Corpo de Bombeiros entende que não é prioridade este tipo de atendimento, a não ser que uma vítima esteja sofrendo um ataque. Também há o fato de que nem toda cidade possui Guarnição do Corpo de Bombeiros. No Rio Grande do Norte por exemplo, dos 167 municípios do Estado, apenas Natal, Mossoró, Caicó, Pau dos Ferros, São Gonçalo do Amarante e Parnamirim contam com a existência de Quarteis do Corpo de Bombeiros, dificultando assim o atendimento nas demais cidades, principalmente as mais distantes dos Quarteis. Para a realização desse serviço em Mossoró-RN, foi montado o programa SOS Abelhas, criado pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) em colaboração com a Corporação de Bombeiros Militar local (JORNAL O MOSSOROENSE, 2015; PORTAL ACONTECE, 2018).

De fato, o controle de abelhas africanizadas em perímetro urbano precisa ser eficiente, considerando o risco de acidentes que a presença desses insetos pode apresentar às pessoas e animais. Mas por outro lado, deve ser levado em conta a importância ecológica e econômica das abelhas para o homem e o meio ambiente, destacando a necessidade da correta remoção dos enxames, preservando as abelhas.

Como a migração de enxames de abelhas africanizadas para as zonas urbanas é muito comum no Brasil (ZALUSKI *et al.*, 2014; LIMA *et al.*, 2015; SANTOS & MENDES, 2016; SILVA & BARRETO, 2016), cada cidade afetada com o problema poderia então, articular a execução de projetos com a participação de instituições, pesquisadores, apicultores, corpo de bombeiros e da comunidade local, de forma semelhante aos modelos implantados nas cidades de Ribeirão Preto-SP (DINIZ & SOARES, 1990; DINIZ *et al.*, 1994), Mossoró-RN (JORNAL O MOSSOROENSE, 2015; PORTAL ACONTECE, 2018) e Aracajú-SE (NASCIMENTO, 2019), nos anos de 1989, 2015 e 2018, respectivamente, os quais apresentaram uma boa aceitação por parte da comunidade. Segundo Lima *et al.* (2015), a criação de parcerias contínuas entre a Corporação de Bombeiros Militar com órgãos públicos ou privados especializados na área de apicultura, é necessária para trabalhar nessa temática de forma harmônica, promovendo a segurança da população e a preservação desses insetos.



OBJETIVOS



3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral:

Este trabalho teve como objetivo, analisar as características dos enxames estabelecidos ou não, de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) que possam permitir uma melhor compreensão da biologia dessas abelhas, em especial, em áreas urbanas, entendendo os possíveis fatores envolvidos no processo de nidificação e enxameação na cidade de Mossoró-RN.

3.2 Objetivos Específicos:

- ✓ Avaliar a preferência da altura e tipo de locais de nidificação (aberto ou fechado) de enxames de abelhas africanizadas em área urbanizada no Semiárido brasileiro;
- ✓ Analisar a posição dos favos com respeito à entrada do ninho (enxames protegidos em cavidades), bem como a tendência da posição dos favos construídos nas direções norte/sul ou leste/oeste (enxames protegidos e expostos);
- ✓ Quantificar as colônias nidificadas e enxames em processo de migração em determinadas áreas de Mossoró-RN, podendo definir as estações ou épocas do ano de maior ou menor incidência destes insetos e indicar possíveis fatores que efetivamente estão relacionados a este fenômeno;
- ✓ Avaliar o tamanho populacional das colônias e comportamento defensivo das abelhas dos enxames;
- ✓ Avaliar aspectos reprodutivos dos enxames (rainha, realeiras, zangões e cria de zangões) e correlacioná-los com dados climatológicos locais – precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), radiação solar (w/m^2) e velocidade do vento (m/s);
- ✓ Verificar se estes insetos apresentam preferências por determinadas regiões, topografias e direções de migração para a zona urbana de Mossoró-RN, bem como estabelecer a melhor época de coleta de enxames nessas áreas.



MATERIAIS E MÉTODOS



4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local da pesquisa

O trabalho foi desenvolvido no setor de Apicultura do Departamento de Ciências Animais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Município de Mossoró-RN, situado na região oeste do Estado do Rio Grande do Norte. Mossoró ocupa uma área de cerca de 2100 km², sendo o maior município do Estado em área territorial e o segundo mais populoso, estando localizado a 5°11' de latitude sul e 37°20' de longitude oeste, com uma altitude média de 18 m, distante 281 km da capital do Estado, Natal. A cidade possui aproximadamente 297.000 habitantes (IBGE, 2019) e tem sua economia baseada na produção de petróleo, gás natural, no beneficiamento de sal, na fruticultura irrigada e no turismo (FIDALGO, 2015). A temperatura média anual oscila em torno de 27,5°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm (CARMO-FILHO *et al.*, 1987). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é considerado como sendo do grupo BSw'h', ou seja, tropical semiárido muito quente e seco, com estação chuvosa ocorrendo apenas no período de janeiro a junho.

4.2 Coleta de dados sobre o comportamento enxameatório na cidade de Mossoró-RN

No período de abril de 2015 a março de 2018, diferentes variáveis biológicas e condições de nidificação foram avaliadas *in loco* durante os processos de captura de enxames silvestres de *Apis mellifera* notificados na zona urbana de Mossoró-RN. Os dados foram registrados em formulários próprios (Apêndices 1, 2 e 3).

As capturas de enxames foram realizadas conforme procedimentos adotados com êxito pela equipe do Projeto de Extensão da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), denominado SOS ABELHAS (Cadastrado na Pró-reitoria de Extensão e Cultura – PROEC sob os códigos: PJ018-2016 e PJ042-2018). Tal projeto atendia à comunidade de forma voluntária, realizando a captura e o resgate de enxames no perímetro urbano de Mossoró-RN. Esta foi uma iniciativa pioneira no Estado, desenvolvida pelo Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura de Rio Grande do Norte – CETAPIS-RN (Atual Núcleo de Capacitação em Apicultura – NCTA), em

parceria com a UFERSA, Chalé Executivo Apart-Hotel e a Corporação do Corpo de Bombeiros Militar de Mossoró-RN.

Abaixo segue uma descrição geral dos procedimentos de captura dos enxames de abelhas africanizadas, embora em cada caso, algumas etapas pudessem ser modificadas, dependendo das condições particulares da colônia no local de nidificação.

4.3 Informações para captura de enxames

As capturas dos enxames foram realizadas mediante solicitações feitas pela população diretamente à Corporação do Corpo de Bombeiros Militar de Mossoró (190 e 193), ou nos contatos do Projeto SOS ABELHAS (84 99818-2354 e 98883-9032). No momento da solicitação para a captura e o resgate de um enxame, era registrado o nome do solicitante, endereço, telefone, data e local onde as abelhas estavam alojadas, bem como o agendamento para visita à área (Apêndice 1). Sempre que possível, o solicitante também enviava fotos, vídeos, localizador de endereço do *Google Maps* e/ou outras informações complementares via aplicativo de mensagens *WhatsApp*.

4.4 Procedimentos para realização de capturas de enxames

Após o registro da ocorrência, primeiramente era feita uma visita ao endereço informado, onde estavam alojadas as abelhas. *In loco*, diversas informações eram registradas em formulário, entre as quais, a altura e estrutura do sítio de nidificação (forro de residência, caixas de concreto, árvore, etc.), nível de periculosidade, tempo de permanência do enxame no local, ocorrência de ataques, possibilidade da captura com segurança, entre outros (Apêndice 2, Parte A). Dependendo do nível de dificuldade para o procedimento, a colônia poderia ser removida no momento da visita inicial ou agendada para um dia e horário mais adequado, podendo em alguns casos, ser solicitada a colaboração da corporação dos bombeiros, como por exemplo, em situações de ocorrência de acidente com a presença de vítimas, onde neste caso, a corporação dos bombeiros seria essencial para realizar o isolamento da região e o atendimento às vítimas. Conforme a dificuldade para a captura do enxame, o procedimento poderia variar em função do local de nidificação ou instalação do enxame.

4.4.1 Captura de enxames com ninho (colônia nidificada)

Quando um enxame está nidificado, significa que, além das abelhas e da rainha ou rainhas, há a presença de favos com ovos e/ou cria e pode também haver favos com alimento (mel e pólen) e realeiras, dependendo do tempo que o enxame está no local. Enxames nidificados geralmente são mais defensivos, portanto, ao chegar no local do enxame, a equipe sempre trajava-se com E.P.Is apícolas (macacão, máscara, botas e luvas) e aplicava fumaça para que as abelhas ficassem menos defensivas (Figura 2). Em seguida, era necessário que fosse possível o acesso manual e visual às abelhas, quebrando forros, removendo telhados, cortando galhos, entre outros procedimentos. Baseado no tamanho do enxame, optava-se por usar uma caixa ninho (modelo *Langstroth*), se o mesmo fosse grande, ou usar uma caixa núcleo (metade da *Langstroth*), no caso de enxame pequeno.



Figura 2. Aplicação de fumaça com auxílio de fumegador durante procedimento de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) situados em árvores (A e B), caixa de esgoto (C) e forro de residência (D) na cidade de Mossoró-RN, Brasil.

Normalmente, um enxame nidificado apresenta favos com mel nas laterais e favos com cria no centro do ninho. A retirada dos favos de mel era iniciada por uma extremidade e, em seguida, estes favos eram colocados num recipiente à parte. Os favos com mel eram posteriormente prensados e, o mel obtido, decantado por 72 horas,

envasado e distribuído gratuitamente à população local pelo Projeto SOS ABELHAS. Os favos com mel, por serem mais pesados, quebram-se facilmente, portanto, nunca eram colocados na caixa junto com as abelhas.

Quando havia favos com cria, estes eram utilizados como estímulo para as abelhas permanecerem na caixa após a captura (Figura 3A). Este favo era cortado e prendido em um quadro porta-favo na mesma posição que foi removido do local de origem e transferido para a caixa núcleo ou ninho, porém o mesmo precisava estar em boas condições e, preferencialmente, com presença de ovos e cria aberta, uma vez que o feromônio liberado pela cria jovem estimula as abelhas ao cuidado do novo ninho, excitando as campeiras para o trabalho (LE CONTE *et al.*, 1995; PANKIWI, 2004a,b). Dependendo do tamanho dos favos, mais de um poderia ser utilizado para preencher a área do quadro porta-favo (Figura 3B e C). Os favos que sobravam eram transportados para o Laboratório de Processamento de Cera do CETAPIS (Atual NCTA), onde eram derretidos, a fim de se obter cera bruta e posteriormente lâminas de cera alveolada.



Figura 3. Captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. Preenchimento da área do quadro Langstroth com favo único (A) ou mais de um favo (B) para estimular o cuidado das crias pelas operárias e induzir a colônia a permanecer na caixa após a captura.

Durante todo o processo de captura do enxame, ficava-se atento à visualização da rainha entre as abelhas, pois a qualquer momento, sendo encontrada, esta era capturada, presa em gaiola de arame (10x2 cm) e colocada dentro da caixa (Figura 4). O aprisionamento da rainha facilita o resgate do enxame, uma vez que colocando a rainha presa na caixa, as demais abelhas do enxame são atraídas mais facilmente pela rainha a

permanecerem ali também, além de fornecer mais segurança para o operador, que sabe que a rainha não corre mais risco de morrer durante o procedimento de captura.



Figura 4. Aprisionamento de rainha em gaiola para ser introduzida em uma colmeia, durante processo de captura de enxame silvestre de abelha africanizada (*Apis mellifera* L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. A) Rainha andando com as operárias sobre o favo. B) Rainha presa em gaiola de arame.

Posteriormente, aglomerados de abelhas que ficavam próximos ao enxame eram colocados parcialmente dentro da caixa para que o processo de entrada fosse completado por elas mesmas (Figura 5). A caixa poderia ficar alguns dias no local para que as abelhas se adaptassem mais facilmente e entrassem todas na caixa, depois a mesma era transportada, no final de tarde ou a noite, com a tampa presa por tiras de borracha, e o alvado fechado com esponja para um local de “quarentena”, em área de mata nativa localizada no *Campus* Central da UFERSA.



Figura 5. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em processo de organização e entrada na caixa logo após captura em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil.

Dependendo da urgência de remoção das abelhas do local, estas poderiam ser capturadas no final do dia por meio de sucção, utilizando um sugador adaptado para captura de abelhas (Figura 6). Este sugador de enxames é composto por: uma mangueira de 3 metros de comprimento (por onde as abelhas são sugadas) acoplada à uma tampa do recipiente de aprisionamento das abelhas (Figura 6A); uma lata de ferro fundido de 20 L usada como recipiente de aprisionamento das abelhas (Figura 6B) e um aspirador elétrico com potência de 1200 watts (Figura 6C), o qual se conecta à lata por uma mangueira de 1,5 metros de comprimento. A Figura 6D mostra o sugador de enxames montado com suas partes conectadas.

Quando as abelhas eram sugadas, poderiam ser imediatamente transportadas para a área de mata nativa do *Campus* Central da UFERSA, onde eram colocadas dentro da caixa (ninho ou núcleo).



Figura 6. Sugador de Enxames – Aparelho de sucção preparado pela Equipe do Projeto SOS Abelhas para realização de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil. A) Tampa do recipiente de aprisionamento das abelhas com mangueira de 3 metros por onde as abelhas são sugadas; B) Lata de ferro fundido de 20 L usada como recipiente de aprisionamento das abelhas com tela de aço no fundo da lata que impede as abelhas de seguir o caminho da força de sucção até o aparelho, mantendo-as presas na lata; C) Aspirador elétrico com potência de 1200 watts; D) Sugador de enxames montado com suas partes conectadas.

As vezes a abelha rainha não era visualizada durante o processo de captura, no entanto, esperava-se que ela estivesse junto com o aglomerado de abelhas sugado, podendo ser facilmente percebida pelo comportamento típico das operárias (bater das asas com o abdômen elevado) durante e/ou logo após a transferência das abelhas para a caixa, indicando a presença da rainha ali.

Em ocasiões em que a colônia estivesse instalada num local que pudesse oferecer riscos, como locais com trânsito intenso de pessoas, era imprescindível que a captura fosse realizada já na parte da noite, pois nesse horário as abelhas são menos defensivas e as operárias campeiras já estão todas na colônia, o que possibilita a remoção da mesma para o local definitivo, logo após o término da captura.

Informações de todo o processo, incluindo data, duração da atividade de captura, condições climáticas e pessoas envolvidas, eram registradas para maior controle e aperfeiçoamento da operação (Apêndice 2, Parte B). Para fins de coleta de dados biológicos sobre os enxames, foram realizadas registros de variáveis como: ocorrência ou não de nidificação, posição dos favos, estimativas da defensividade, tamanho populacional, presença ou ausência de rainha, presença de realeiras (ocupadas ou recém abertas) e de zangões, entre outras informações (Apêndice 3). Todos os dados eram coletados antes, durante e após o término do procedimento de captura, exceto o registro sobre a permanência do enxame na caixa (sucesso de captura), o qual era realizado a partir de uma semana do processo.

É importante ressaltar que a avaliação do comportamento defensivo era realizada por meio de uma metodologia de análise subjetiva, pela qual se classificava a defensividade dos enxames em três níveis (baixa, média e alta defensividade), com base na reação de defesa das abelhas no momento da captura do enxame. Para isso, criou-se uma metodologia adaptada (Tabela 1) da escala arbitrária utilizada por Cardoso *et al.* (2004) e De Souza *et al.* (2012).

Tabela 1. Análise subjetiva para avaliação do comportamento defensivo durante processo de captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).

Categoria	Defensividade	Comportamento geral das abelhas durante a captura
1	Baixa	As abelhas realizam ataques eventuais ou não atacam, não perseguem pessoas e animais e geralmente se mantêm calmas, mesmo com aplicação de pouca ou nenhuma fumaça para seu controle.
2	Média	As abelhas atacam com maior frequência, batem na máscara do observador e, ocasionalmente, algumas perseguem pessoas ou animais, porém são facilmente controladas com aplicação de fumaça, permitindo o manejo normal do enxame durante a captura.
3	Alta	As abelhas atacam de forma generalizada, grande número de abelhas batem na máscara do observador, atacam/perseguem pessoas e animais nas proximidades e demoram para serem controladas com aplicação de fumaça, obrigando o manipulador a eventualmente interromper o processo de captura por cerca de uma hora para que seja possível o controle das abelhas, ou até mesmo remarcar o processo para outro dia e horário.

Fonte: Metodologia elaborada pelo autor tomando como base uma escala arbitrária utilizada por Cardoso *et al.* (2004) e De Souza *et al.* (2012) para avaliação do comportamento defensivo de colônias de abelhas africanizadas (*A. mellifera*).

A avaliação do tamanho populacional (estimativa do número de abelhas) também foi realizada por meio de uma metodologia de análise subjetiva. Inicialmente os enxames capturados com o aparelho de sucção (Figura 6) foram pesados com a lata do sugador para obter o peso líquido de cada enxame, subtraindo o peso da lata vazia, do peso total. Posteriormente era pesada uma amostra de 50 indivíduos para obter a estimativa do número total de abelhas do enxame considerando a seguinte fórmula:

$$NEA = \frac{50 \times PLE}{PAA}, \text{ em que:}$$

NEA = Número estimado de abelhas;

50 = Número fixo de abelhas pesado por enxame;

PLE = Peso líquido do enxame capturado (total de abelhas em gramas);

PAA = Peso da amostra com 50 abelhas (em gramas).

No entanto, devido ao fato de nem sempre ter sido possível capturar as abelhas com o sugador de enxames, o que dificultava a pesagem das abelhas, foi então adotado um método alternativo para estimar empiricamente o número de abelhas do enxame, fundamentado na experiência de manipulação de colmeias e na análise visual do tamanho do enxame estimado pelo pesquisador. Para isso foram classificados 5 níveis populacionais a saber: 1) < 10.000 abelhas; 2) 10 a 20 mil abelhas; 3) 20 a 40 mil abelhas; 4) 40 a 60 mil abelhas e 5) > 60 mil abelhas. Assim, quando não se podia usar o sugador de enxames e a fórmula NEA, que fornecia a estimativa do número total de abelhas do enxame, o pesquisador classificava a população do enxame numa das faixas acima apresentadas de 1 a 5.

Por outro lado, considerando que diferentes percepções individuais sobre um mesmo fenômeno ocasionam normalmente distorções na avaliação subjetiva, adotou-se neste trabalho, o cuidado de realizar a classificação dos níveis populacionais dos enxames sempre pelo mesmo pesquisador, de modo a reduzir o erro da observação estimada empiricamente. O mesmo critério quanto ao observador foi adotado na avaliação do nível do comportamento defensivo das abelhas.

4.4.2 Captura de abelhas em processo de enxameação (aglomerado de abelhas ou *cluster*)

Enxames encontrados em situação que ainda não tenham construído os favos, geralmente estão em processo de enxameação reprodutiva ou de abandono (migração). Nestes casos, o procedimento de captura era mais simples. Estes tipos de enxames, também chamados de “voadores” (BALD, 1993, ALMEIDA, 2008; DE SOUZA *et al.*, 2012), normalmente ficam com as abelhas por um tempo agrupadas, formando um aglomerado de abelhas (*cluster*) e quase sempre se encontram pendurados ou grudados em algum lugar. As abelhas nessas circunstâncias, foram capturadas apenas com o auxílio do aparelho sugador de enxames ou com saco de plástico preto de 100 litros, com o qual envolvia-se o aglomerado, prendendo todas as abelhas no seu interior. Quando capturadas, eram posteriormente levadas para a UFERSA e colocadas numa colmeia tipo núcleo de fecundação composta por um quadro com cria de outra colmeia e os demais quadros com cera puxada. Algumas vezes também foi adicionada uma tela excludora no alvado ou entrada da colmeia (Figura 7). Esta tela impedia que a abelha

rainha saísse da caixa, induzindo-a a aceitar este novo ambiente como sendo seu ninho. Transcorridos 15 dias era verificado se a rainha já estava em atividade de postura nos favos e, caso isto estivesse ocorrendo, a tela excludora de alvado poderia ser removida.

Do mesmo modo, assim como em enxames nidificados, todas as etapas do processo de captura, bem como as condições do local e as informações biológicas sobre os enxames eram registradas em formulários (Apêndices 1, 2 e 3).



Figura 7. Tela excludora de rainha no alvado da colmeia tipo núcleo de fecundação contendo enxame silvestre de abelha africanizada (*Apis mellifera* L.), capturado na cidade de Mossoró-RN, Brasil. Vista frontal (A) e lateral (B) do núcleo.

4.5 Manejo e destino dos enxames após captura

As caixas com colônias capturadas ficavam em observação por algumas semanas no *Campus* Central da UFERSA e, posteriormente, eram levadas para o Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN) (Atual NCTA), instalado na Estação Experimental da UFERSA, que fica localizada na comunidade Alagoinha, zona rural, a cerca de 20 km do *Campus* Central da UFERSA. As colmeias eram transportadas no final de tarde ou início de noite com a tampa presa por tiras de borracha e o alvado fechado com esponja para evitar que as abelhas saíssem das caixas (Figura 8). O transporte era feito lentamente para evitar morte por agitação e calor, provocados pelos solavancos e trepidações do percurso, que é em torno de 10 km em estrada de terra.



Figura 8. Preparo para transporte de colmeias com enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados na cidade de Mossoró-RN, Brasil. Colmeia tipo núcleo (A) e ninho Langstroth (B) com tampa presa por tiras de borracha e alvado fechado com esponja para serem transportados (C).

Ao chegar no local definitivo (apiário fixo), as colmeias eram colocadas sobre um suporte individual (cavalete) e a esponja do alvado, removida. A partir de 48 horas no local, quando já estavam acostumadas ao ambiente, uma revisão era realizada para averiguar a situação geral da colônia, como necessidade de alimentação, formação de realeiras, etc. Após mais duas semanas, as colônias eram novamente revisadas para avaliar o desempenho da rainha, realizar a troca de favos, fazer a transferência da colônia para uma caixa maior ou qualquer outro manejo que fosse necessário.

No apiário da Estação Experimental da UFERSA (Figura 9) as abelhas eram destinadas para fins didáticos e/ou científicos, servindo de apoio às aulas práticas dos cursos de capacitação de apicultores e dos cursos de graduação em Zootecnia, Engenharia Florestal e Agronomia, bem como para suporte às pesquisas com abelhas dos pós-graduandos nos Programas de Produção Animal (PPGPA) e Ciência Animal (PPGCA) da UFERSA.



Figura 9. Um dos apiários do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN), Atual Núcleo de Capacitação Tecnológica em Apicultura (NCTA) na Estação Experimental da UFERSA, onde são destinados os enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados na cidade de Mossoró-RN, Brasil, pela Equipe do Projeto SOS Abelhas.

4.6 Coleta de dados sobre captura de enxames em “caixas isca” no entorno da cidade de Mossoró-RN

Devido ao atraso na aquisição de material para o projeto, a instalação das “caixas isca” no entorno do Município de Mossoró-RN foi iniciada apenas em setembro/2019. Foram montadas e instaladas “caixas isca” em 8 pontos estratégicos do entorno de Mossoró-RN para estudos sobre a estimativa da direção de migração das abelhas. A Figura 10 mostra as coordenadas geográficas dos locais onde as “caixas isca” foram instaladas. Em cada ponto havia 4 “caixas isca”, sendo 2 de papelão e 2 de madeira. A utilização de caixas de dois tipos de material se deu pela quantidade limitada de caixas que havia disponível. Independentemente do tipo, cada caixa continha 5 quadros, sendo que os mesmos portavam iscas de cera alveolada de 5 cm de altura.



Figura 10. Mapa da região de Mossoró-RN, Brasil, com pontos referenciados para monitoramento de “caixas isca” instaladas no entorno do perímetro urbano da cidade para captura de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).

O monitoramento das caixas foi realizado a cada 15 dias para se verificar ocupação por abelhas. A caixa que estivesse com abelhas no momento da visita, era então capturada e os dados do enxame, registrados. Posteriormente a “caixa isca” era substituída por outra vazia nas mesmas condições.

Os exames capturados foram levados para um apiário da Estação Experimental da UFERSA. A remoção dos enxames era feita normalmente com o alvado ou entrada da colmeia fechada, a caixa amarrada com tiras de borracha e envolvida com saco plástico escuro de 100 litros. Esta operação foi feita sempre no final de tarde ou à noite, para garantir que todas as abelhas integrantes do enxame estivessem já alojadas dentro da caixa.

4.7 Variáveis ambientais

Dados climatológicos referentes à precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), radiação solar (w/m^2) e velocidade do vento (m/s)

foram obtidos durante todo o período do experimento, com intuito de avaliar as variáveis climáticas na enxameação e nos aspectos reprodutivos dos enxames (presença de rainha, zangões, realeiras e favos com cria de zangões). Estes dados foram obtidos a partir de dois pontos estratégicos do município de Mossoró-RN: um mais ao sul da cidade, através da Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da UFERSA e outro mais ao norte, por meio da Estação Meteorológica Hobo, instalada na Fazenda Experimental da UFERSA, no bairro da Alagoinha, estação essa doada pela FAPESP-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, aos projetos de pesquisas com abelhas do Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves, diretor do CETAPIS-RN e docente visitante vinculado ao PPGCA do Departamento de Ciência Animal da UFERSA.

4.8 Amostragem e estatística

4.8.1 Amostragem

Os dados experimentais do presente trabalho foram coletados durante 72 meses, a partir da ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de Mossoró-RN. Ao todo, este trabalho registrou 487 ocorrências de enxames de abelhas africanizadas no período de abril de 2015 a março de 2018.

4.8.2 Análises

Foi plotado um mapa com a geolocalização dos enxames coletados para a avaliação das áreas de ocorrência e características dos enxames silvestres de abelhas africanizadas na cidade de Mossoró-RN no período avaliado como um todo (abril de 2015 a março de 2018) e comparando mês a mês a distribuição das ocorrências ao longo do ano, bem como a distribuição dos locais dos enxames ocorridos no período chuvoso *versus* período seco e no período de pico de incidência *versus* período de menor incidência de enxames.

Os dados da ocorrência mensal de enxames, tamanho populacional e comportamento de defensividade dos enxames foram comparados pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ($\alpha = 0,05$).

Através do Teste T-student, também a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$), foram comparadas as médias de ocorrência de enxames no período chuvoso *versus* período seco; período de pico de incidência de enxames *versus* período de menor incidência; porcentagem de enxames com favos construídos nas direções norte/sul *versus* leste/oeste; enxames em cavidades com favos na posição perpendicular *versus* paralela em relação à entrada da colônia; enxames nidificados *versus* enxames voadores; enxame em local aberto (enxame exposto) *versus* local fechado (enxame protegido); enxames com presença/ausência da rainha, realeiras, zangões e cria de zangões na estação seca *versus* chuvosa, bem como a quantidade de realeiras e favos contendo cria de zangões nessas estações.

Os dados de algumas variáveis não atendiam os pressupostos de normalidade e homocedasticidade, portanto tiveram os dados submetidos a transformação: a incidência de enxames, tamanho populacional, comportamento defensivo, posição dos favos em relação à entrada e presença de realeiras, zangões e cria de zangões nos enxames tiveram os dados transformados em raiz quadrada de $Y + 1,0 - \text{SQRT}(Y + 1,0)$. Os dados da ocorrência de nidificação e número médio de realeiras e de favos contendo cria de zangões foram transformados em raiz quadrada de $Y + 0,5 - \text{SQRT}(Y + 0,5)$. Já os dados do local do enxame (exposto ou protegido) foram transformados em Logaritmo neperiano de $Y - \text{Ln}(Y)$.

Os dados climatológicos da região, referentes à precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), radiação solar (w/m^2) e velocidade do vento (m/s) foram correlacionados (utilizado o coeficiente de Pearson) com a ocorrência de enxames e as variáveis dos aspectos reprodutivos dos mesmos (rainha, zangões, realeiras e favos com cria de zangões).



RESULTADOS



5 RESULTADOS

5.1 Incidência e geolocalização de enxames silvestres na cidade de Mossoró-RN

No período de abril de 2015 a março de 2018 foram registradas 487 ocorrências de enxames silvestres de abelhas africanizadas em zona urbana de Mossoró-RN. Observou-se um pico de incidência de enxames entre os meses de abril e setembro, com respectivos valores totais de 54, 55, 66, 68, 56 e 50 enxames nesses meses, sendo iguais estatisticamente entre si ($p \leq 0,05$). Apenas os meses de junho e julho apresentaram diferença estatística significativa quando comparados aos meses de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro. Na Figura 11 é mostrado o número médio mensal de enxames silvestres registrados ao longo do ano.

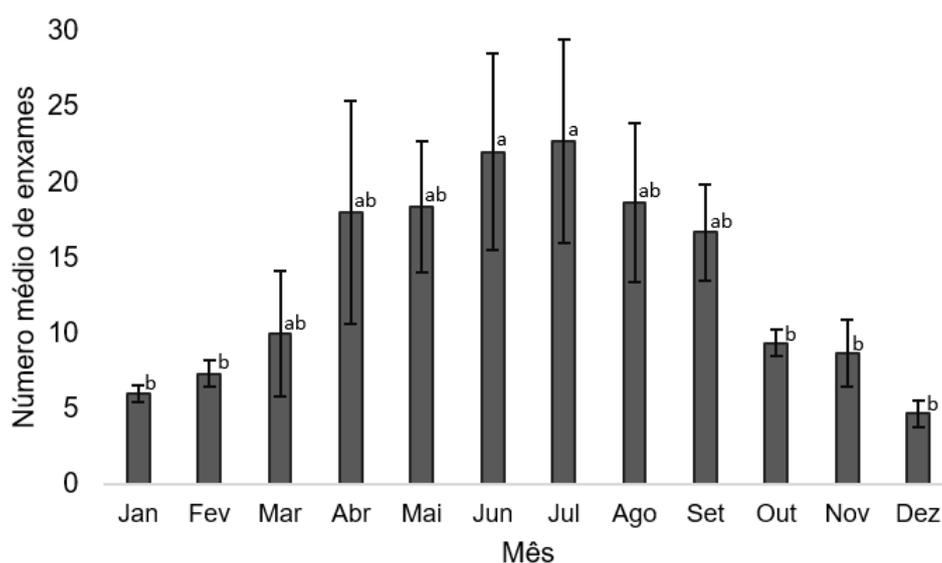


Figura 11. Média mensal de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) ao longo do ano na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os pontos de ocorrência dos enxames foram registrados por quase toda a área urbana de Mossoró-RN, no entanto, as solicitações foram mais frequentes na região mais centralizada da cidade (Figura 12). O perímetro urbano de Mossoró tem aproximadamente 30 bairros, porém, as áreas mais afetadas pela ocorrência de enxames se concentraram em bairros da Zona Central da cidade (abrangendo o Centro, Bom Jardim e a parte mais urbanizada do bairro Paredões), em bairros da Zona Norte

(Barrocas e Santo Antônio), na Zona Oeste (bairros Abolições I, II e parte da Nova Betânia), assim como na Zona Sul de Mossoró (bairros Doze Anos, Boa vista, Alto da Conceição, Lagoa do Mato e Aeroporto I). As áreas em que menos ocorreu notificação de ocorrência de enxames se caracterizavam por serem locais com menor grau de edificações.

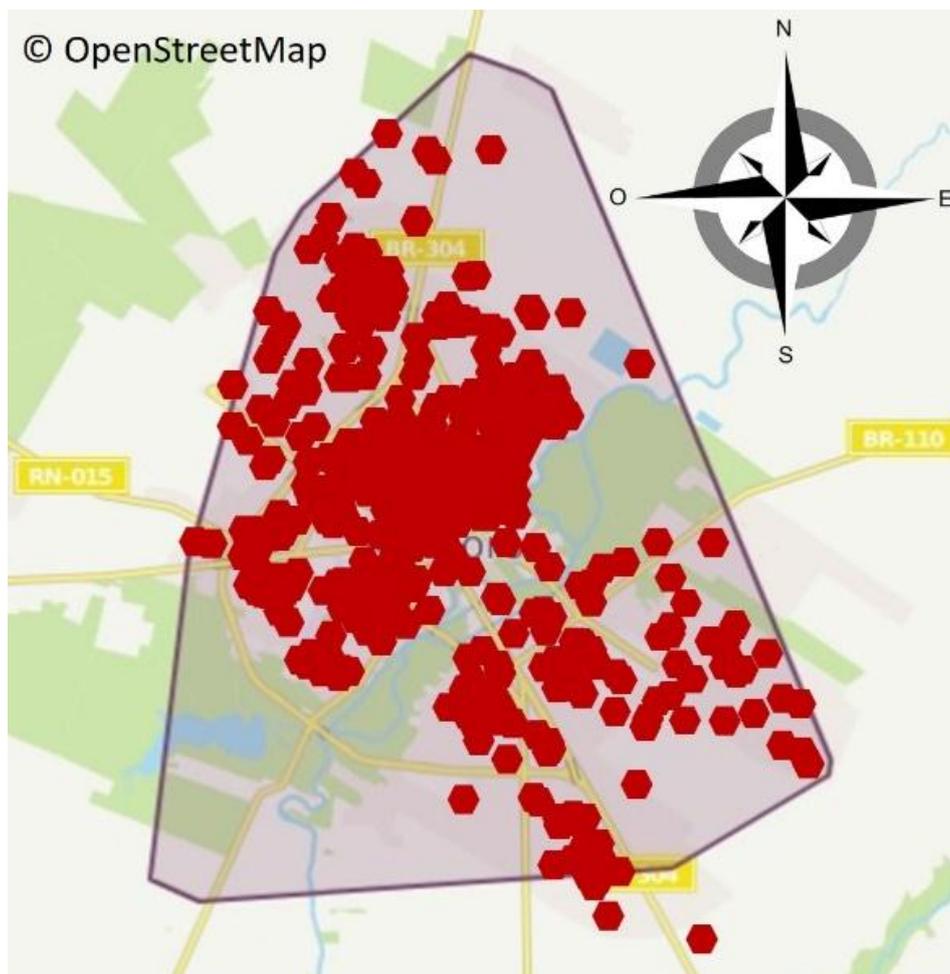


Figura 12. Pontos de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período: abril de 2015 a março de 2018.

Na Figura 13 são mostradas as áreas e intensidade de ocorrências de enxames de abelhas africanizadas nos diferentes meses do ano. Como pode ser observado, o comportamento enxameatório quanto à escolha das áreas parece não mudar esse padrão de distribuição das ocorrências no perímetro urbano ao longo dos meses.

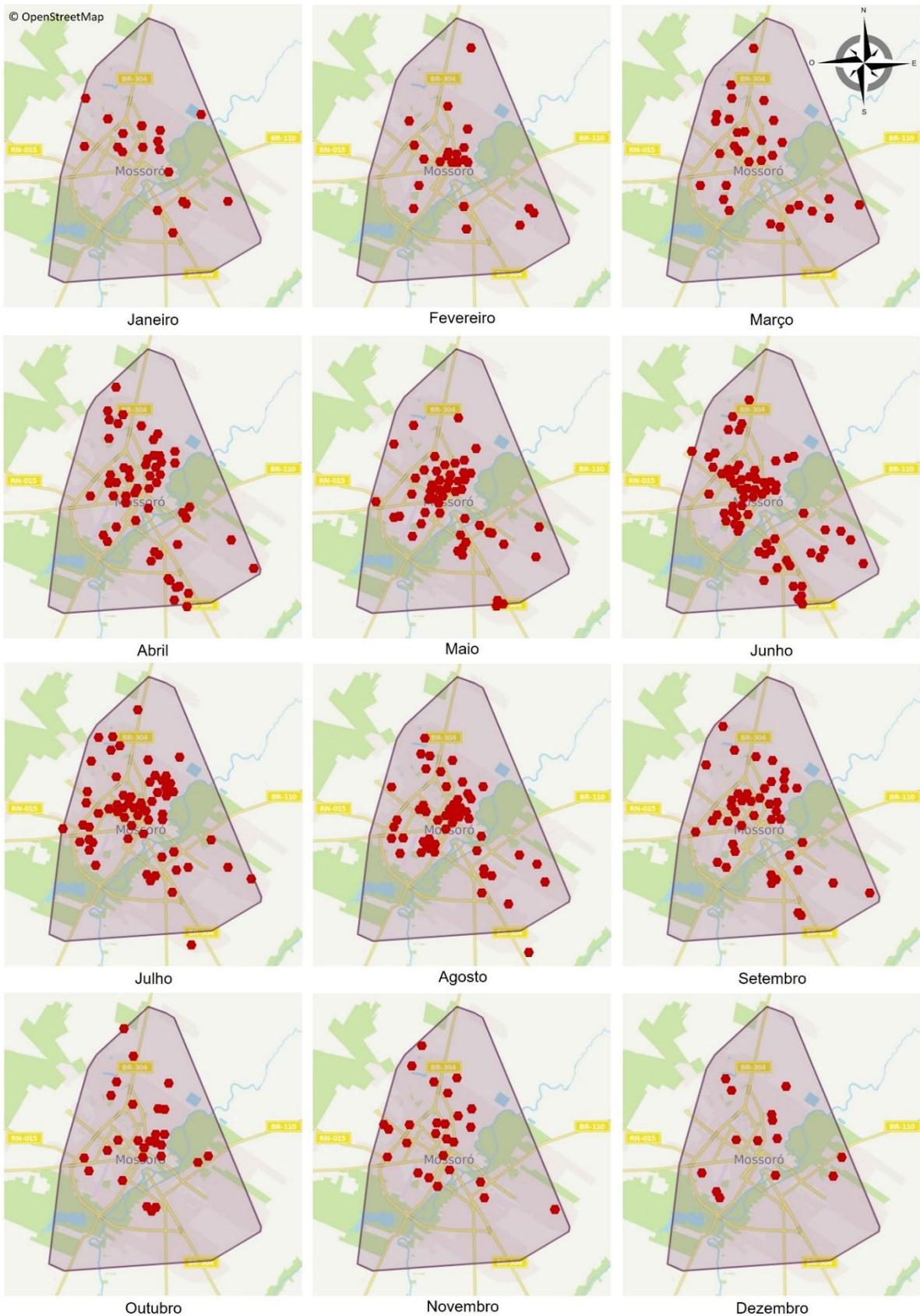


Figura 13. Pontos de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em diferentes meses do ano na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Período: abril de 2015 a março de 2018.

Da mesma forma, a distribuição das ocorrências de enxames nas áreas de Mossoró-RN foi registrada nos períodos chuvoso (janeiro a junho) e seco (julho a dezembro), apresentando valores equivalentes de 245 e 242 enxames capturados, respectivamente nestes períodos (Figuras 14 A e B). Semelhantemente, o mesmo padrão de distribuição local dos enxames foi observado nos períodos de pico de incidência de enxames (abril a setembro), com 349 registros, e no período de menor incidência de enxames (outubro a março), com 138 registros, valores com diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) pelo Teste T-Student (Figuras 14 C e D).

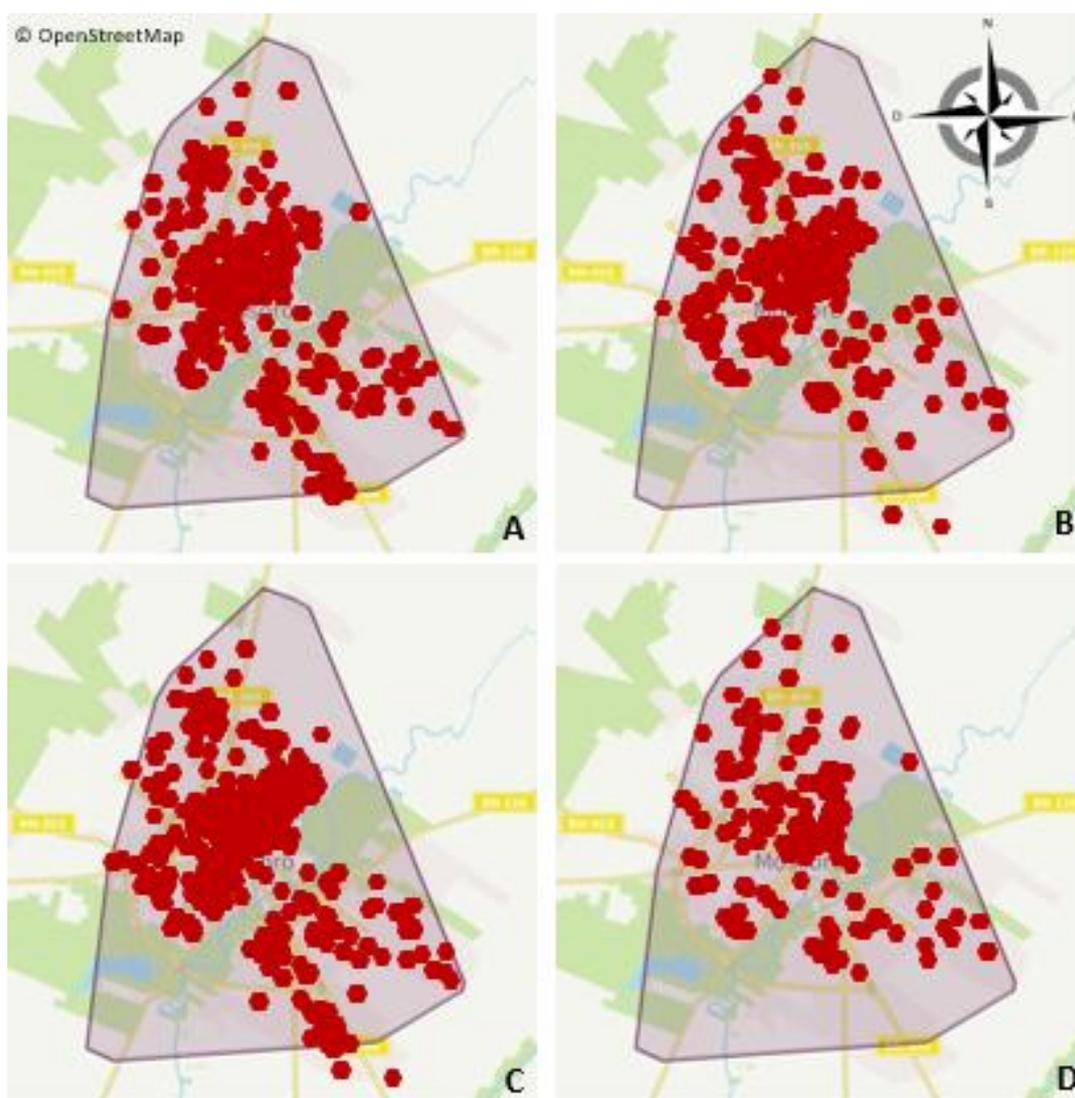


Figura 14. Áreas de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) de abril de 2015 a março de 2018 na cidade de Mossoró-RN, Brasil (n=487). Comparação do padrão de distribuição de ocorrências entre o (A) período chuvoso (jan-jun, n=245) versus (B) período seco (jul-dez, n=242) e entre (C) período de pico de incidência de enxames (abr-set, n=349) versus (D) período de menor incidência (out-mar, n=138).

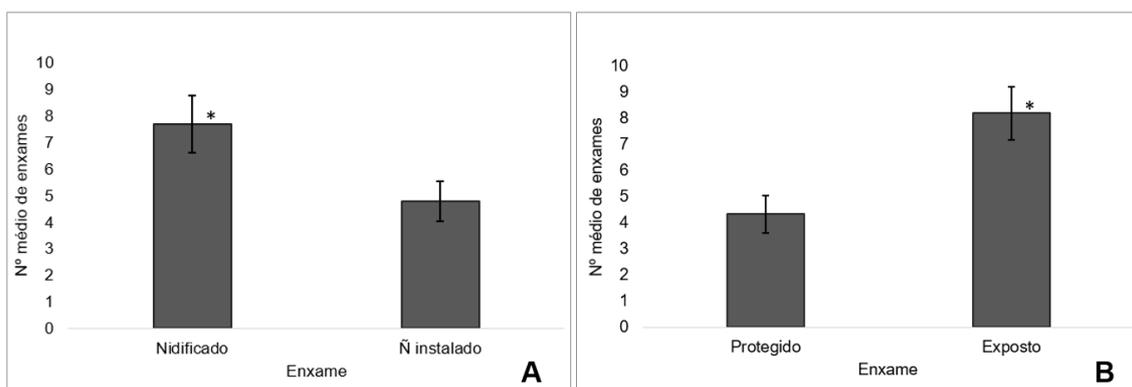


Figura 16. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) encontrados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, no período de abril de 2015 a março de 2018. A) Enxames nidificados e não instalados com diferença significativa. B) Enxames em locais abertos (enxame exposto) ou fechados (enxame protegido em cavidade) com diferença significativa. *Diferiu estatisticamente pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados mostraram que apesar da maioria dos enxames registrados estivessem em locais abertos (enxame exposto) (Figura 16B), observou-se que nos locais fechados (enxame protegido) houve maior quantidade de nidificação (133), quando comparado aos enxames voadores nesse ambiente protegido (23). Já em locais abertos, foram quantificados 144 enxames nidificados e 149 enxames voadores. A Tabela 2 expressa esses valores em porcentagem.

Tabela 2. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) nidificados e não instalados encontrados em local aberto (enxame exposto) ou fechado (enxame protegido) na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil (n=449). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

Enxame	Local (%)	
	Aberto	Fechado
Nidificado (Colônia)	32,07 aA	29,62 aA
Voador (Não instalado)	33,18 aA	5,12 bB

*Média seguida da mesma letra minúscula (nas linhas) e maiúscula (nas colunas) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados apontaram que as abelhas também apresentaram preferência por altura, de modo que a maioria dos enxames foram encontrados em sítios de até 4 metros, embora tenha-se registrado que foram capazes de se instalarem em locais muito mais altos, com cerca de até 18,5 metros. A Figura 17 mostra os resultados da escolha das abelhas por locais em diferentes estratos de altura.

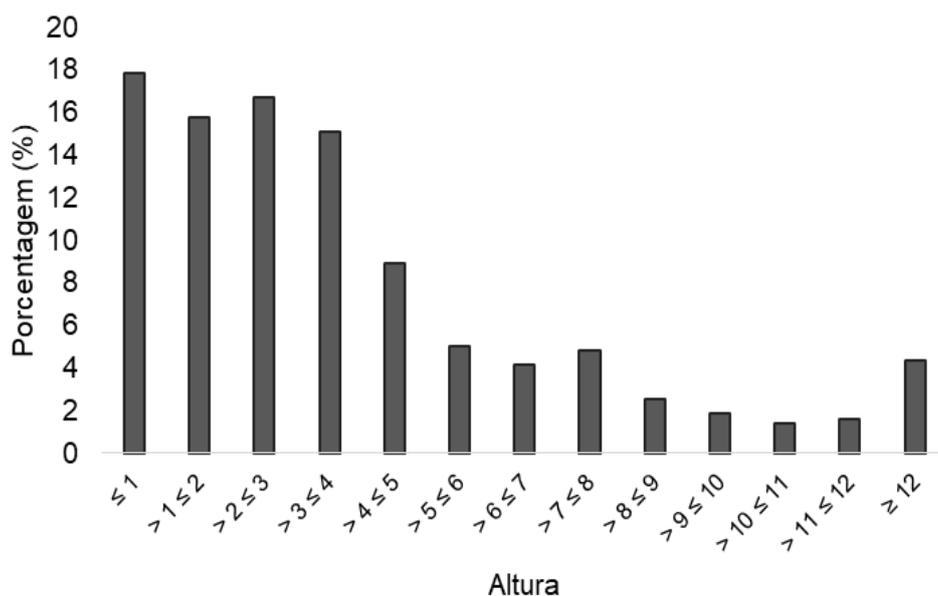


Figura 17. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) registrados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, em locais com diferentes alturas em metros (n=437). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

Além disso, um padrão de preferência de direção ou orientação geográfica na construção dos favos pelas abelhas foi observado nos enxames, pois 109 colônias construíram seus favos direcionados tendencialmente para o sentido leste/oeste, superando com significância os 52 enxames que construíram os favos tendendo para a orientação norte/sul pelo Teste T-Student ($p \leq 0,05$). Os percentuais desses valores é mostrado na Figura 18A.

Por outro lado, a escolha da posição dos favos pelas abelhas, construídos de forma paralela ou perpendicular em relação à entrada de sítios instalados em cavidades, parece não representar evidências de favoritismo entre estas alternativas de construção, já que foram encontrados 41 enxames com favos perpendiculares à entrada de vento (câmara quente) e 35 com favos na posição paralela à entrada de vento (câmara fria), representando percentuais equivalentes ($p \geq 0,05$) estatisticamente entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade (Figura 18B).

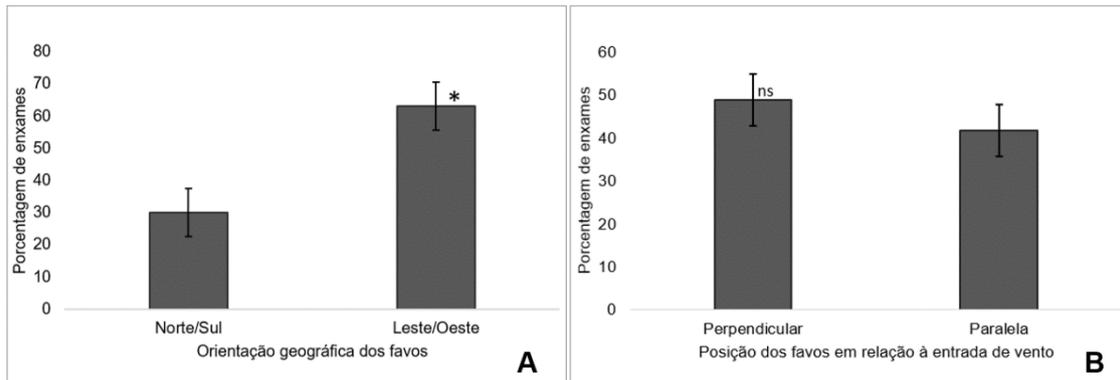


Figura 18. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) encontrados na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, com favos construídos tendencialmente nas direções Norte/Sul ou Leste/Oeste (n=161) (A) e enxames nidificados em cavidades com favos na posição perpendicular ou paralela em relação à entrada de vento na colônia (n=84) (B). Período de coleta: fevereiro de 2016 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente; ^{ns}Não apresentou significância estatística pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 19 são mostrados os percentuais da estimativa do tamanho populacional de uma amostragem de 413 enxames capturados que puderam ser avaliados. Como pode ser observado na Figura 20, a maioria deles (271 ou 66%) foram classificados com tamanho populacional pequeno. Assim, o estudo do quantitativo de indivíduos revelou a seguinte sequência de distribuição populacional: 127 enxames enquadraram-se na faixa de até 10 mil abelhas; 144 enxames na faixa de 10 a 20 mil abelhas; 87 enxames na faixa de 20 a 40 mil abelhas; 39 enxames com estimativa de 40 a 60 mil abelhas; e o restante, 16 enxames, com mais de 60 mil abelhas. A quantidade de enxames na faixa de até 10 mil abelhas é semelhante à quantidade de enxames com tamanho populacional de 10 a 20 mil, no entanto, essas duas faixas de tamanho populacional diferiram das demais, com significância estatística pelo Teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

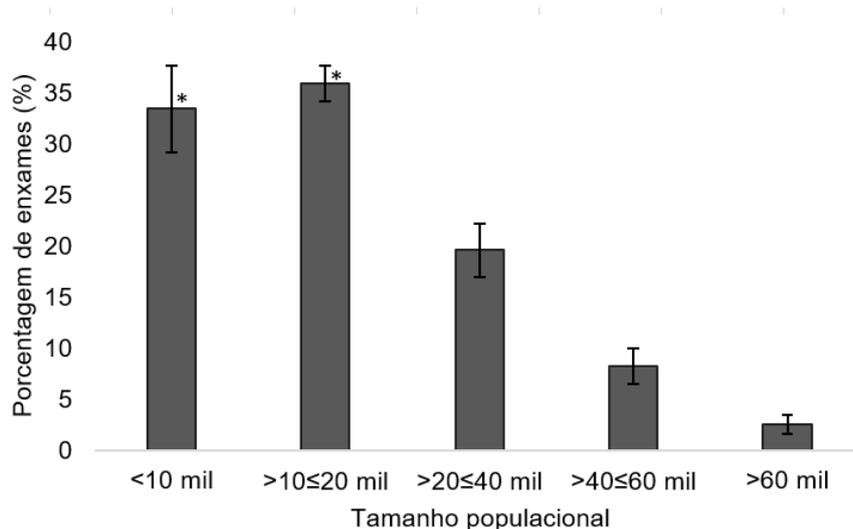


Figura 19. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, avaliados em diferentes tamanhos, proporcionalmente ao número de abelhas por faixas (n=413). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Tamanho populacional=número de abelhas no enxame.

Durante o processo de captura foi possível avaliar o nível do comportamento defensivo de 137 enxames. Curiosamente, a grande maioria apresentaram defensividade baixa (85 enxames), superando significativamente (Teste de Tukey, $p \leq 0,05$) a quantidade de enxames classificados na categoria de defensividade média (33 enxames) e de alta defensividade (18 enxames). O percentual de enxames classificados nas diferentes categorias do comportamento defensivo é mostrado na Figura 20.

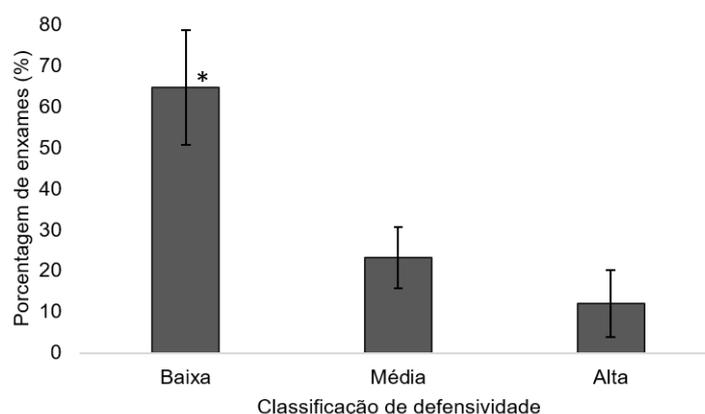


Figura 20. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) classificados quanto ao nível de defensividade durante capturas realizadas em perímetro urbano de Mossoró-RN, Brasil. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.3 Reprodução: investimento em rainhas e zangões

Os enxames investiram na criação de rainhas e zangões ao longo do ano inteiro, mas intensificaram a produção destes componentes no período chuvoso da região, que ocorre normalmente entre os meses de janeiro e julho. Contudo, vale ressaltar que os picos de enxameação registrados não se restringiram a esse período chuvoso, como exposto anteriormente na Figura 11. A porcentagem de enxames observados com a presença da rainha na estação chuvosa (199 enxames) foi igual estatisticamente ao percentual de enxames avaliados na estação seca (176 enxames), como ilustra a Figura 21A. Com relação à presença de zangões, 121 deles foram contabilizados na estação chuvosa e 44 na estação seca, representando percentuais com diferença estatística significativa pelo Teste T-Student ($p \leq 0,05$) (Figura 21B).

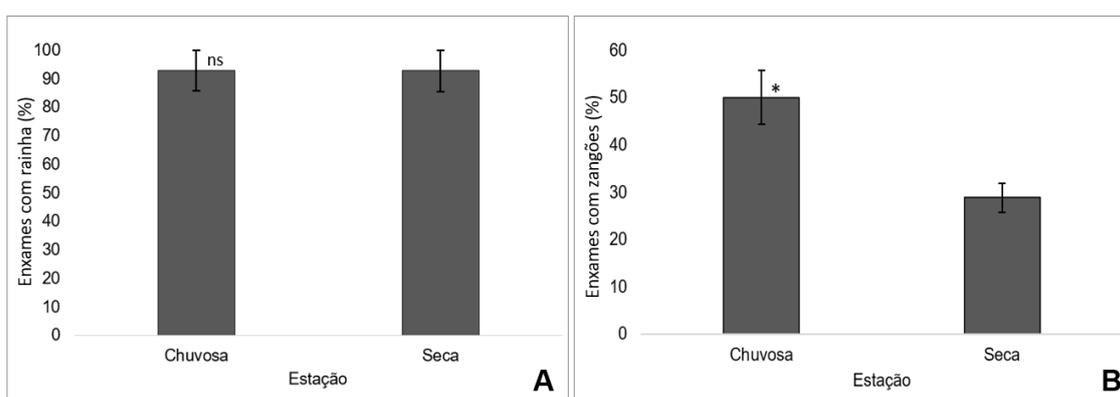


Figura 21. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com presença da rainha (n=375 de 401 enxames avaliados) (A), e zangões (n=165 de 401 enxames avaliados) (B). Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018. *Diferiu estatisticamente; ^{ns}Não apresentou significância estatística pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

A presença de realeiras e de favos contendo crias de zangões nas colônias também foi diferenciada nos períodos chuvoso e seco. Na Figura 22A, é possível examinar que a presença de realeiras registrada em 108 enxames capturados na época chuvosa, representa percentual superior estatisticamente (Teste T-Student, $p \leq 0,05$) aos 40 enxames que tinham realeiras na estação seca. Do mesmo modo, no período chuvoso foi encontrado maior quantidade de enxames (131) com favos contendo crias de zangões, quando equiparado ao número de enxames contendo esta variável na estação seca (44), dados que diferem estatisticamente pelo Teste T-Student ($p \leq 0,05$), como mostra abaixo

os valores em porcentagem (Figura 22B).

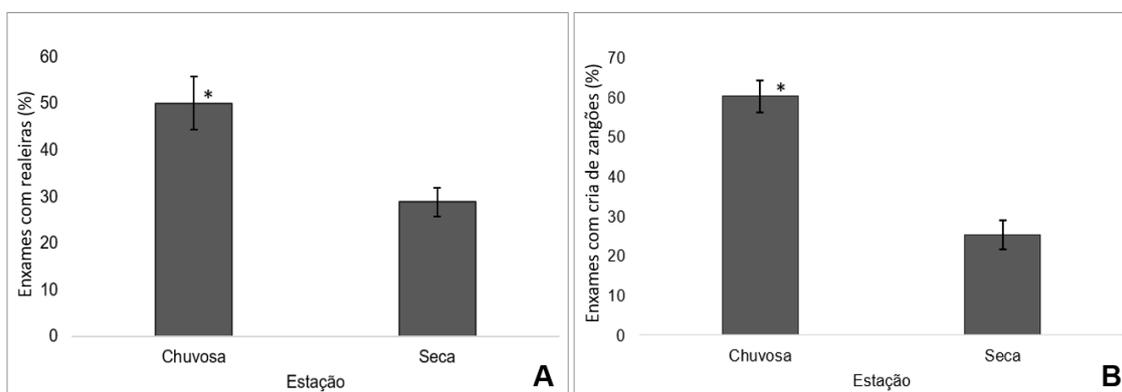


Figura 22. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com diferença significativa para presença de realeiras (n=148) (A), e para favos com cria de zangões (n=175) (B), pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

Dentre as colônias que foram constatadas com a presença de realeiras (n=148) e de favos com cria de zangões (n=175) a média aritmética mostrou que o número de realeiras e a quantidade de favos com cria de zangão por colônia também foi maior no período chuvoso do que no período seco. Os enxames que tinham realeiras apresentavam média de 5,10 realeiras por colônia no período chuvoso, enquanto no período seco quantificaram média de 3,36 realeiras, diferindo significativamente pelo Teste T-Student ($p \leq 0,05$) (Figura 23A). O número de favos contendo cria de zangão por colônia também apresentou diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$), sendo encontrados, em média, 3,27 favos por colônia na época chuvosa e 1,98 favos na época seca (Figura 23B).

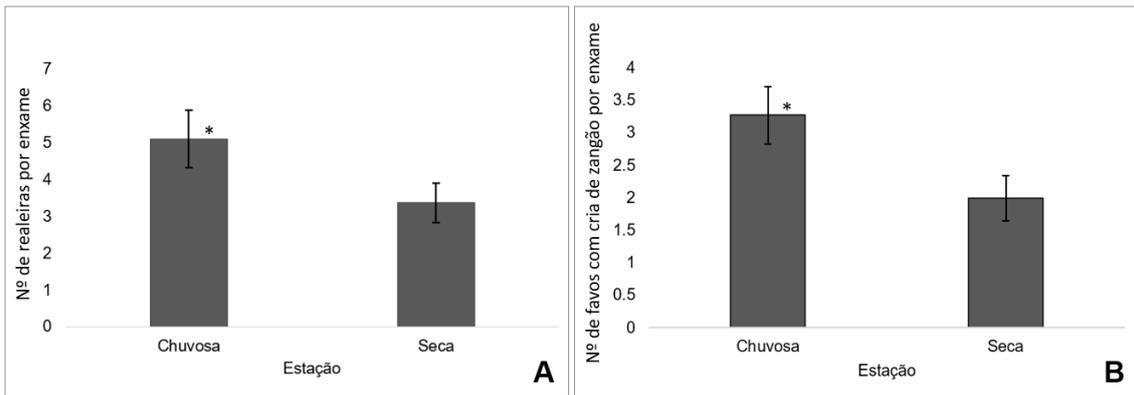


Figura 23. Enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil, nos períodos chuvoso e seco, com diferença significativa para o número médio de realeiras por enxame (n=148) (A) e para o número médio de favos contendo cria de zangão (n=175) (B) pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

5.4 Influência de variáveis climatológicas na enxameação e nos aspectos reprodutivos dos enxames

O pico de enxameação na cidade de Mossoró-RN ocorreu entre os meses de abril a setembro, período em que as temperaturas médias da região estavam mais baixas. Foi encontrada uma correlação negativa forte ($r = -0,864$) entre a temperatura do ar e a ocorrência de enxames na cidade (Figura 24B). No entanto, as demais variáveis ambientais não apresentaram influência sobre a quantidade de enxames, uma vez que foi encontrado correlações muito baixas entre a ocorrência de enxames na cidade e a precipitação pluviométrica ($r = -0,255$), a umidade relativa do ar ($r = -0,040$), a radiação solar ($r = -0,473$) e velocidade do vento ($r = -0,524$) (Figuras 24 A, C, D e E).

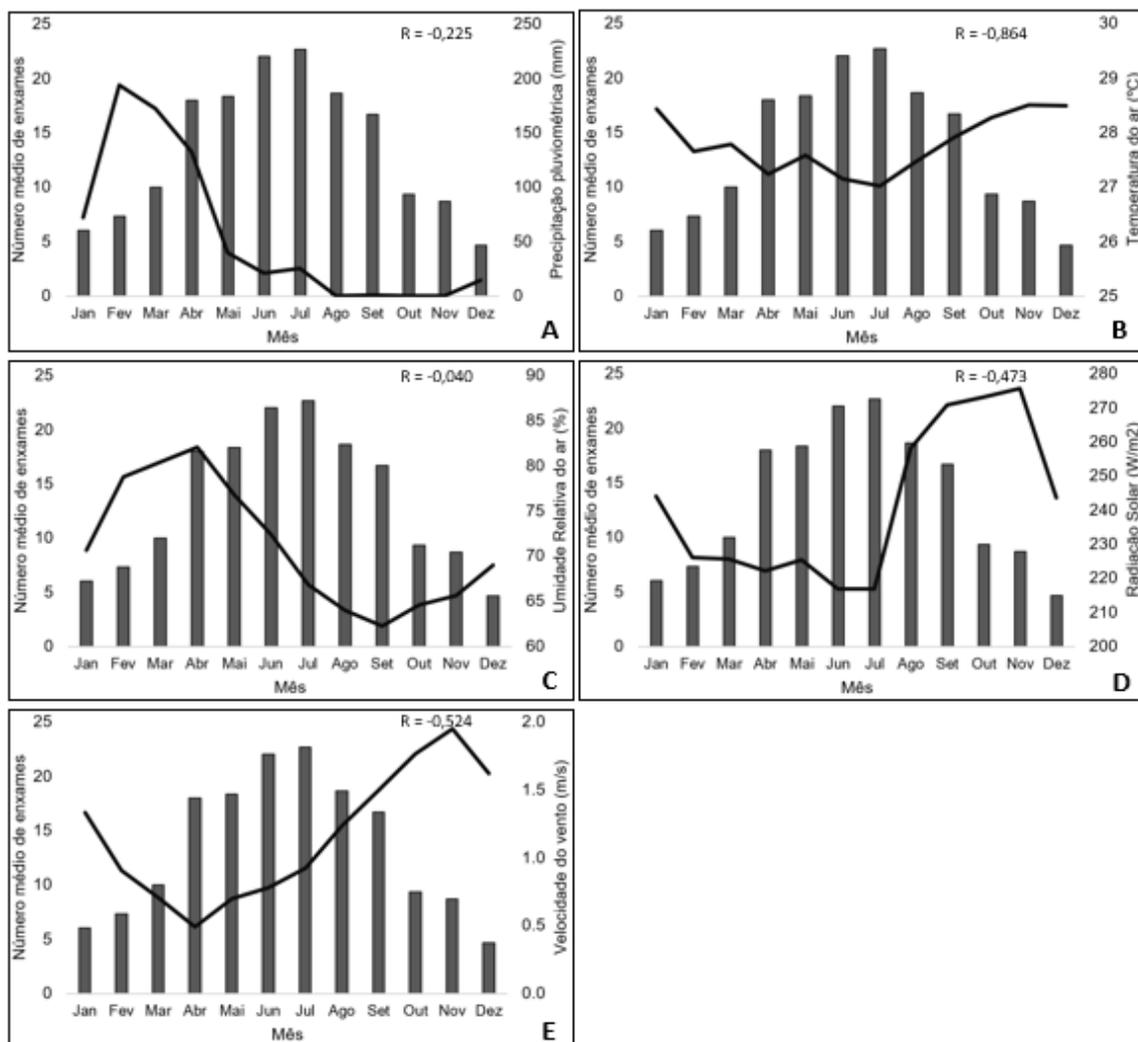


Figura 24. Média mensal de ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) ao longo do ano em função das variáveis climatológicas. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018, Mossoró-RN, Brasil.

A presença da rainha nos enxames não foi influenciada pelas condições climáticas avaliadas no presente estudo, de modo que foram encontradas correlações baixas desta variável com a precipitação pluviométrica ($r = 0,198$), temperatura do ar ($r = -0,390$) umidade relativa ($r = 0,197$), radiação solar ($r = -0,324$) e velocidade do vento ($r = -0,478$) (Figuras 25 A, B, C, D e E).

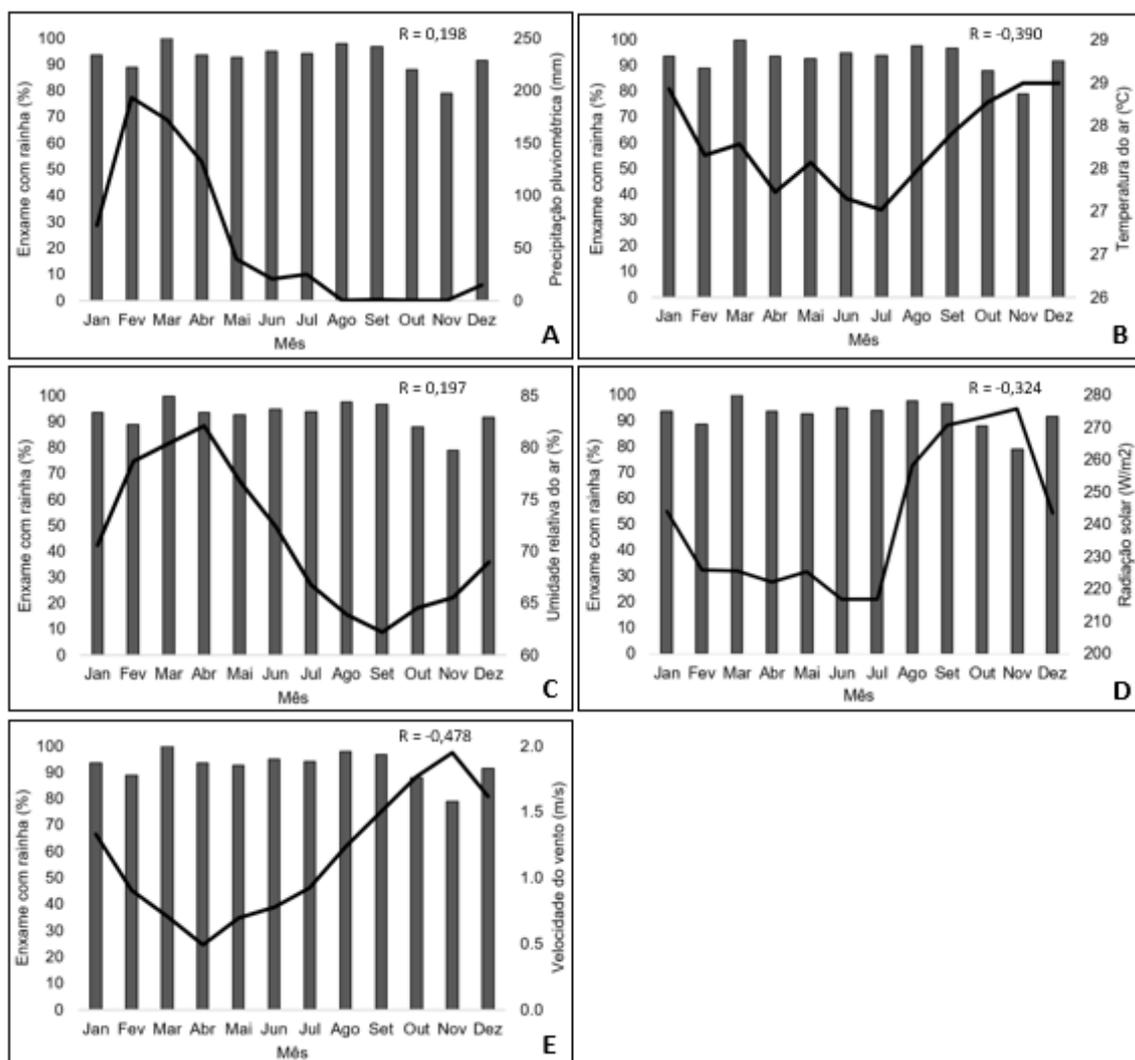


Figura 25. Presença da rainha em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

No entanto, a presença de realeiras nos enxames foi fortemente correlacionada com todas as variáveis ambientais. A presença de realeiras aumentou no período chuvoso e de maior umidade, sendo registrado correlações positivas fortes entre a presença de realeiras e a precipitação pluviométrica ($r = 0,753$), assim como, com a umidade relativa do ar ($r = 0,956$) (Figuras 26 A e C). Por outro lado, a presença de realeiras nos enxames diminuiu no período em que foram registrados temperaturas maiores, radiação intensa e ventos mais fortes, de modo que a presença de realeiras foi correlacionada negativamente com a temperatura do ar ($r = -0,782$), a radiação solar ($r = -0,841$) e com a velocidade do vento ($r = -0,850$) (Figuras 26 B, D e E).

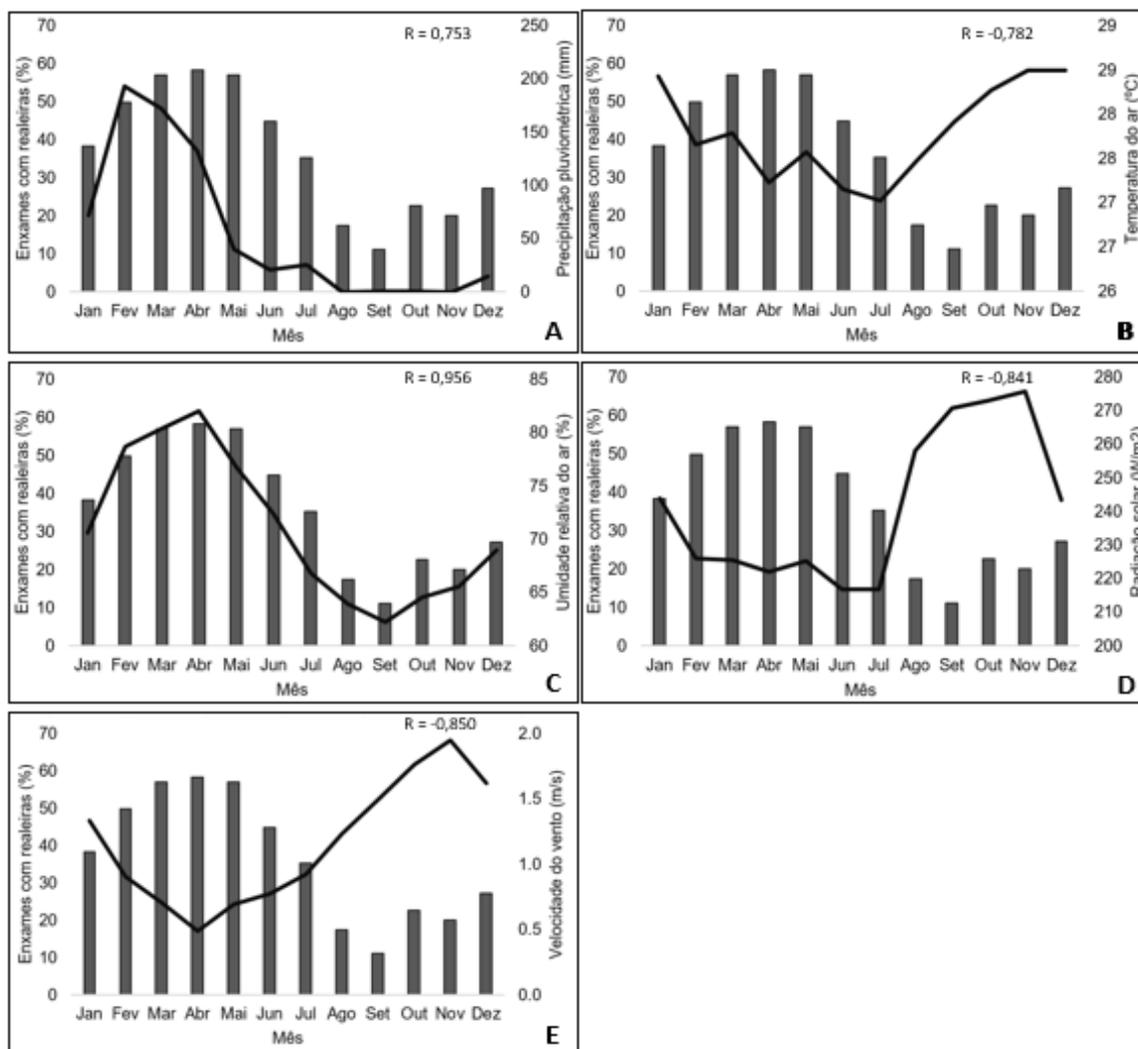


Figura 26. Presença de realeiras em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

A quantidade de realeiras presente por enxame também apresentou correlação negativa com a temperatura ambiental ($r = -0,720$), a radiação solar ($r = -0,706$) e a velocidade do vento ($r = -0,781$) (Figuras 27 B, D e E). Por outro lado, foi registrado baixos valores de correlação da quantidade de realeiras com a precipitação pluviométrica ($r = 0,226$) e com a umidade relativa do ar ($r = 0,551$) (Figuras 27 A e C).

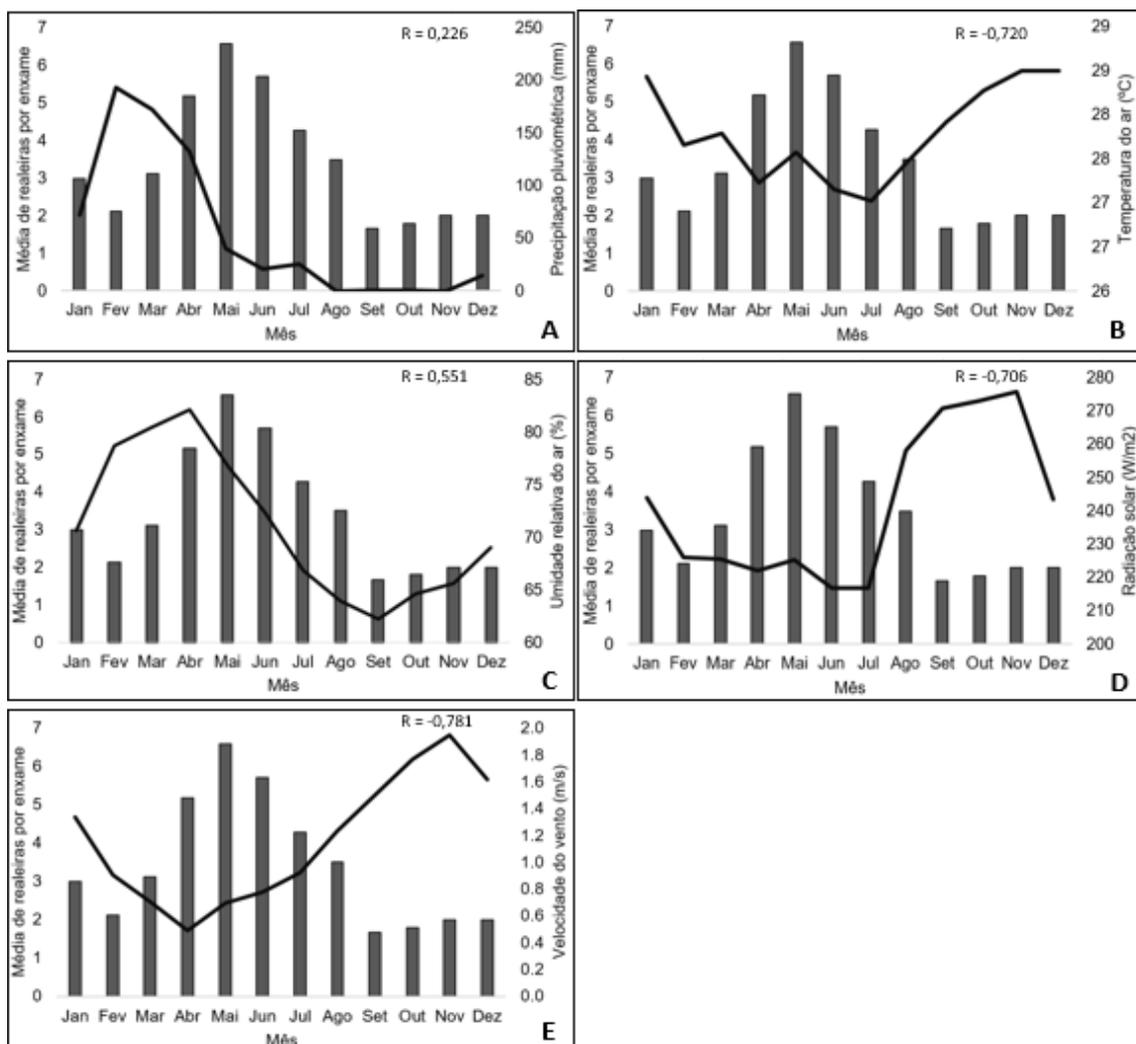


Figura 27. Média de realeiras encontradas ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

A presença de zangões nos enxames correlacionou-se fortemente com todas as variáveis ambientais estudadas. Foi observado que a presença de zangões ocorreu mais frequentemente nos meses em que houve chuvas e maior umidade, sendo registrado correlações positivas fortes entre a presença de zangões e a precipitação pluviométrica ($r = 0,846$), e também com a umidade relativa do ar ($r = 0,978$) (Figuras 28 A e C). Em contrapartida, a presença de zangões nos enxames diminuiu nos meses em que foram registrados maiores médias de temperaturas, radiação e velocidade do vento, uma vez que observou-se fortes correlações negativas entre a presença de zangões e a temperatura do ar ($r = -0,767$), a radiação solar ($r = -0,801$) e a velocidade do vento ($r = -0,883$) (Figuras 28 B, D e E).

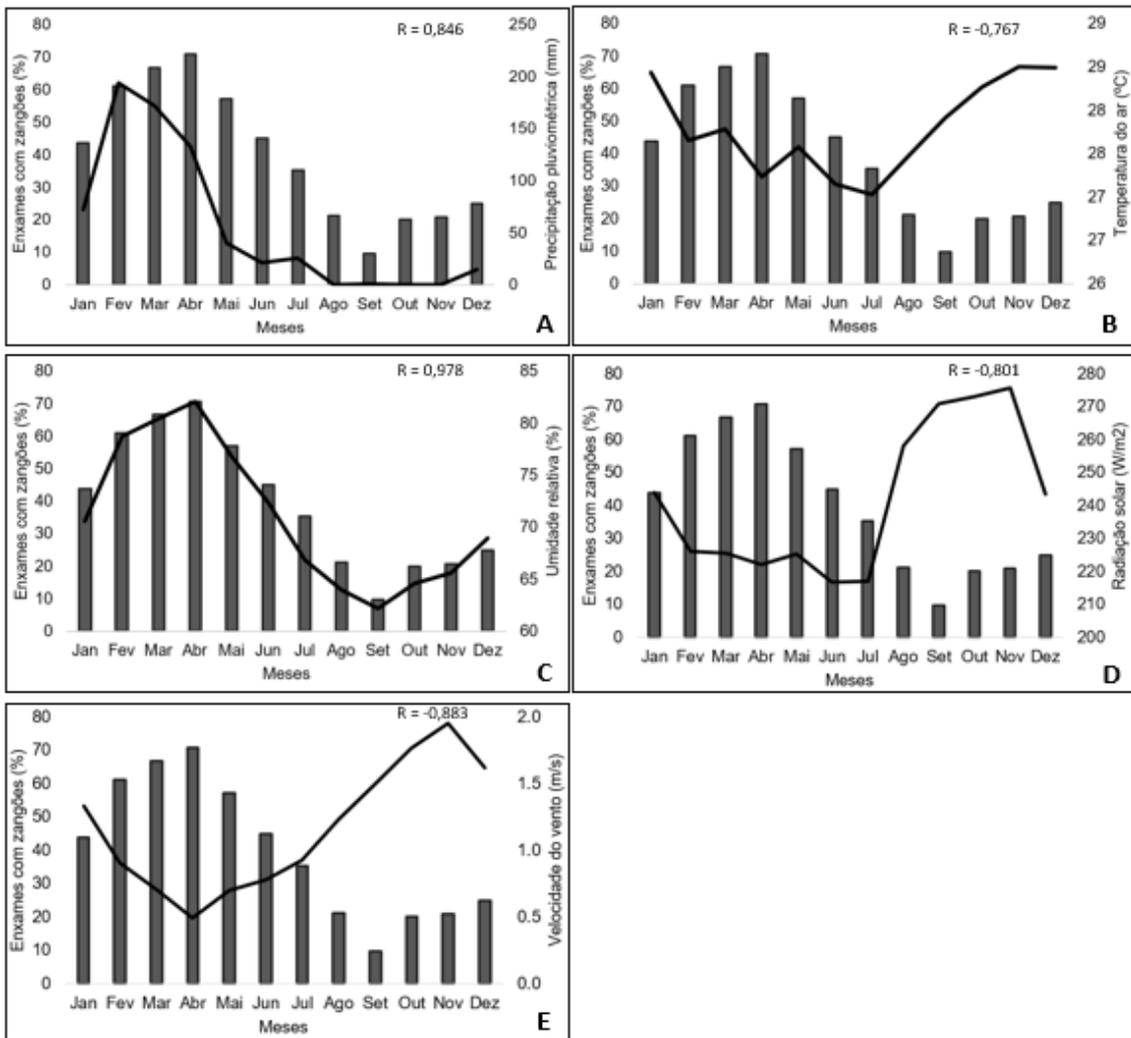


Figura 28. Presença de zangões em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados ao longo do ano na zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

Semelhantemente à presença de zangões, a ocorrência de favos com cria de zangões nos enxames também foi fortemente correlacionada por todas as variáveis ambientais no presente estudo. Nos meses chuvosos e de maior umidade foram registrados mais enxames com presença de favos contendo cria de zangões, sendo que esta variável apresentou fortes correlações positivas com a precipitação pluviométrica ($r = 0,744$) e a umidade relativa do ar ($r = 0,917$) (Figuras 29 A e C). No entanto, a presença de favos com cria de zangões nos enxames foi influenciada negativamente pelas outras variáveis ambientais, dado que apresentou forte correlação com a temperatura do ar ($r = -0,759$), a radiação solar ($r = -0,827$) e a velocidade do vento ($r = -0,848$) (Figuras 29 B, D e E).

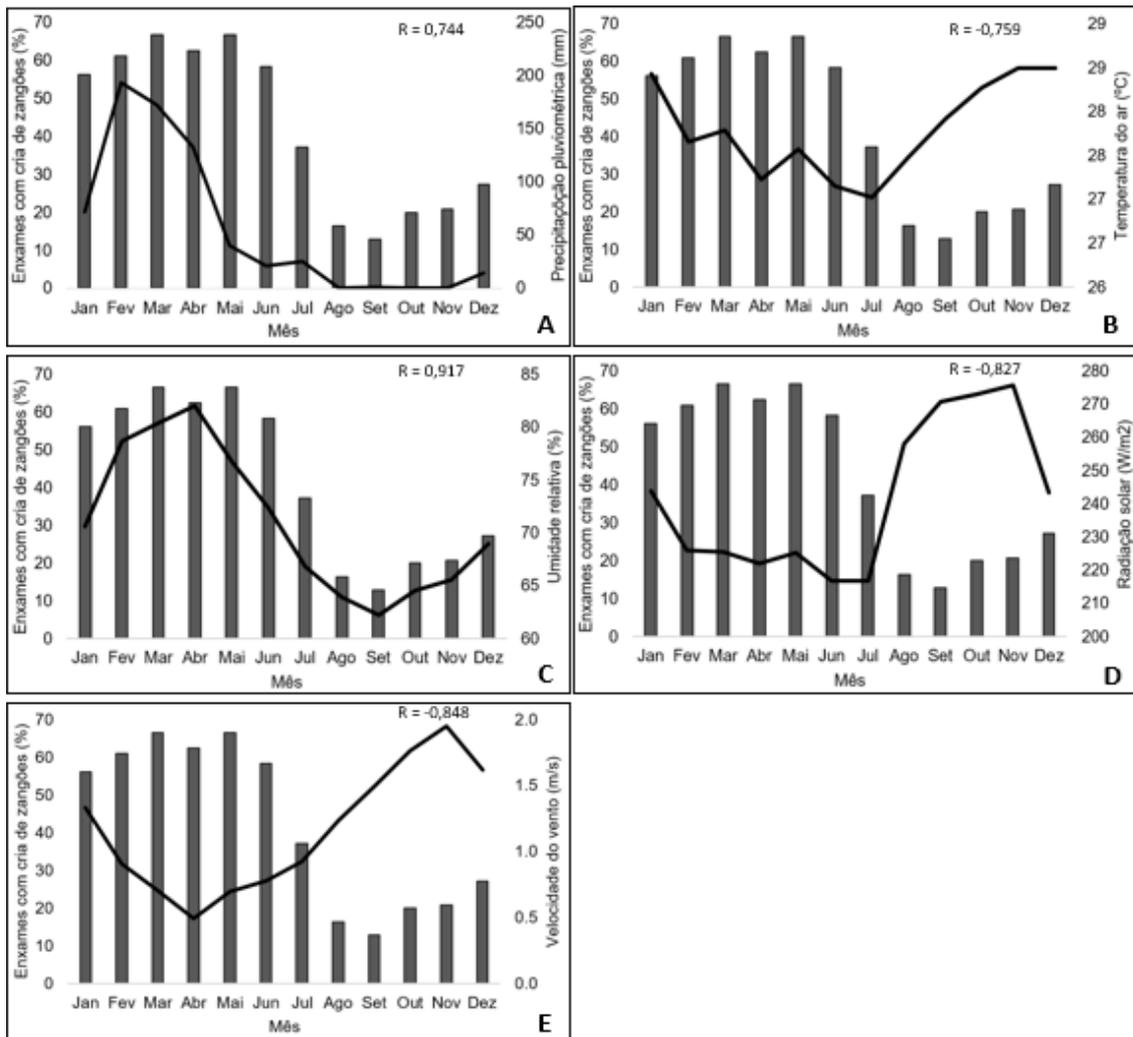


Figura 29. Presença de cria de zangões ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

A quantidade de favos contendo crias de zangões nos enxames foi negativamente correlacionada com a temperatura ($r = -0,745$), a radiação solar ($r = -0,770$) e a velocidade do vento ($r = -0,828$) (Figuras 30 B, D e E). No entanto, essa variável apresentou correlações baixas com a precipitação pluviométrica ($r = 0,194$) e com a umidade relativa do ar ($r = 0,570$) (Figuras 30 A e C).

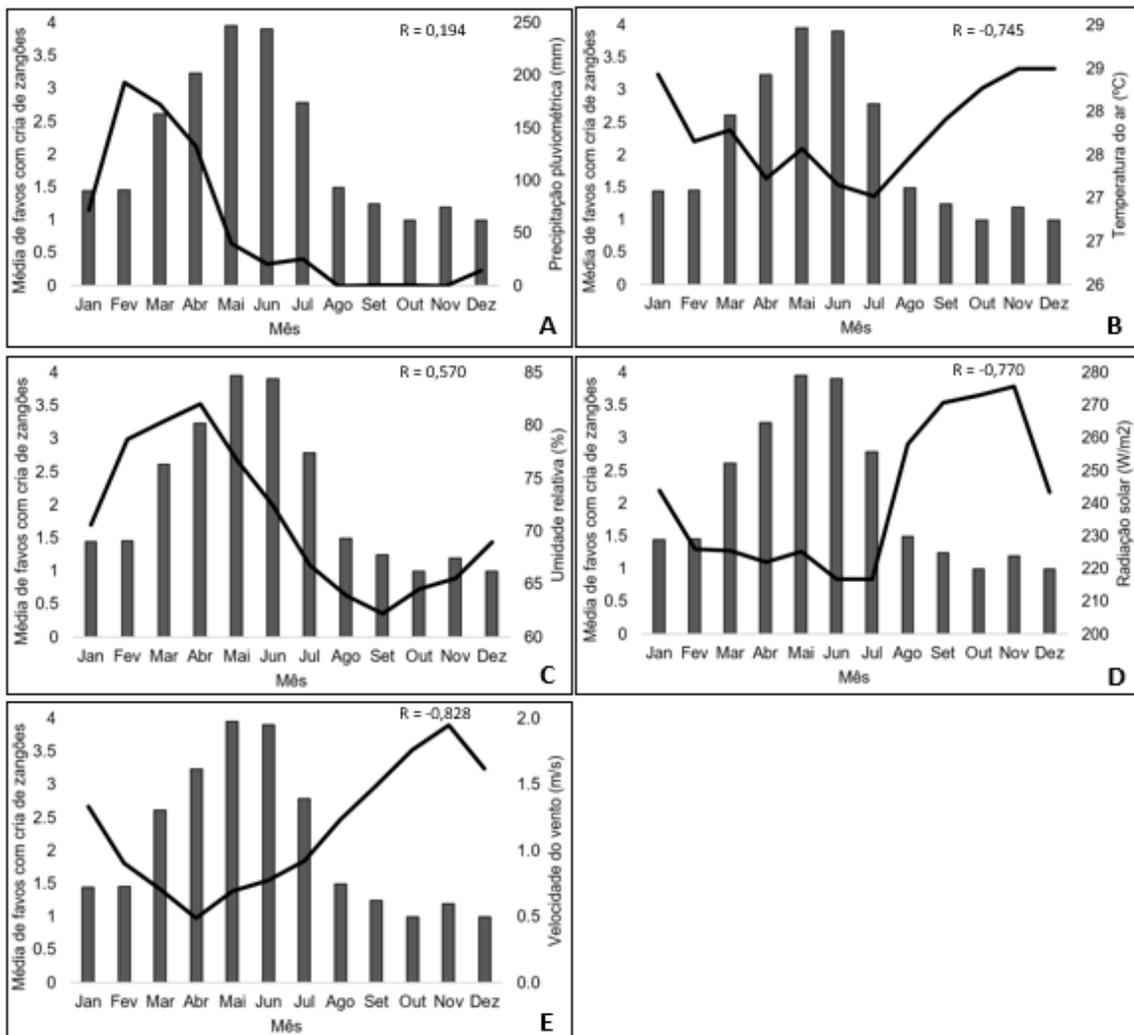


Figura 30. Número médio de favos contendo cria de zangões encontrados ao longo do ano em enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) capturados em zona urbana de Mossoró-RN, Brasil. A) Precipitação pluviométrica – mm; B) temperatura do ar – °C; C) umidade relativa – %; D) radiação solar – w/m² e E) velocidade do vento – m/s. Período de coleta: abril de 2015 a março de 2018.

5.5 Enxames capturados em “caixas isca” no entorno da cidade de Mossoró-RN

A montagem de “caixas isca” no entorno do perímetro urbano de Mossoró-RN levou a captura de apenas 5 enxames, sendo que 3 deles foram capturados no ponto denominado Rincão e 2 enxames capturados nas “caixas isca” instaladas no ponto chamado Governador. A Tabela 3 e Figura 31 mostram as coordenadas geográficas dos locais onde as “caixas isca” foram instaladas, os nomes das áreas denominadas neste trabalho, além da quantidade de enxames capturados. Vale ressaltar que esta avaliação ainda está em curso, tendo em vista que a instalação das “caixas isca” foi realizada apenas em setembro/2019.

Tabela 3. Número de enxames silvestres de abelhas africanizadas (*Apis mellifera L.*) capturados em “caixas isca” no entorno do perímetro urbano de Mossoró-RN.

Identificação	Coordenadas	Enxames capturados
1 - Rincão	5°12'51.2"S 37°16'57.1"W	3
2 - Areia Branca	5°10'54.4"S 37°17'38.5"W	0
3 - Barrocas	5°09'46.1"S 37°19'28.8"W	0
4 - Fortaleza	5°07'42.7"S 37°20'37.9"W	0
5 - Shopping	5°09'58.2"S 37°22'53.7"W	0
6 - Bom Pastor	5°11'47.4"S 37°24'42.7"W	0
7 - Governador	5°13'43.2"S 37°22'16.9"W	2
8 - Halliburton	5°15'23.1"S 37°18'23.1"W	0

Período de coleta: setembro de 2019 a fevereiro de 2020.



Figura 31. Localização dos enxames coletados nas “caixas isca” instaladas no entorno de Mossoró-RN, 3 capturas em Rincão, 2 capturas em Governador, 0 enxames nas demais “caixas isca”, no período de setembro de 2019 a fevereiro de 2020.



DISCUSSÃO



6 DISCUSSÃO

6.1 Enxameação e padrão de distribuição de ocorrências de *Apis mellifera* em ambiente urbano

A ocorrência de enxames silvestres de abelhas africanizadas na zona urbana de Mossoró-RN acontece durante todo o ano, mas nos meses de abril a setembro, a quantidade de solicitações de captura pelos munícipes aumenta significativamente. Esse período foi classificado nesta pesquisa como pico de enxameação das abelhas africanizadas na cidade Mossoró-RN (Figura 11). Foram realizados 349 registros de abelhas africanizadas no intervalo de abril a setembro, que é o período de maior incidência, contra 138 ocorrências, período de menor incidência de enxames, que corresponde aos meses de outubro a março (Figuras 14 C e D).

Embora neste estudo não se tenha avaliado a disponibilidade de pólen e néctar na região, acredita-se que o aumento expressivo no número de enxameações nesse período aconteceu principalmente em decorrência da maior oferta de alimento, uma vez que durante esse intervalo do ano há grande variedade de plantas nativas em floração na região (MAIA-SILVA *et al.*, 2012; LIMÃO, 2015).

Outro aspecto importante a considerar é o fator climático dessa área de estudo, a qual apresenta temperaturas muito elevadas, dificultando a manutenção da homeostase térmica das colônias e provocando distúrbios fisiológicos nas abelhas (ALMEIDA, 2008; DOMINGOS & GONÇALVES, 2014; DOMINGOS *et al.*, 2018). Desse modo, sob as condições de clima quente e seco do semiárido nordestino brasileiro, as abelhas africanizadas impulsionam a dispersão da espécie no período em que as condições ambientais estão amenas na região, conforme será melhor discutido adiante no Tópico 6.4 que relata a influência das condições climáticas nos enxames.

Como as abelhas africanizadas apresentam uma alta capacidade de adaptação (PINTO *et al.*, 2005; FREITAS *et al.*, 2007; GALINDO-CARDONA *et al.*, 2013; SPIVAK *et al.*, 2019), o comportamento enxameatório e as estratégias de sobrevivência podem variar muito, dependendo das condições ambientais da região onde as abelhas vivem, isto é, esta mesma espécie apresenta outra dinâmica de enxameação em locais com características ambientais distintas, demonstrando sua alta capacidade adaptativa.

Lipinski (2019) em sua recente revisão bibliográfica sobre os mecanismos da enxameação pelas abelhas *Apis mellifera*, aborda vários fatores que influenciam na enxameação migratória das abelhas. Em particular, cita fatores climáticos como a seca, abordando inclusive a elevada atividade enxameatória das abelhas africanizadas no Brasil.

Cosenza (1972) constatou altas incidências de enxameações de abelhas africanizadas durante estações com períodos de seca no Brasil, registrando migrações de até 79% em determinadas regiões. Toledo *et al.* (2006) avaliaram a ocorrência de enxames na zona urbana de Maringá-PR. Estes autores observaram que houve dois picos de ocorrência de enxames na região, um registrado em março-abril e outro em agosto-setembro. Semelhantemente, Soares *et al.* (1984a,b) encontraram em Ribeirão Preto-SP, picos de ocorrência em março-abril e agosto-outubro. Além disso, Boaventura (2000) em Brasília-DF, também observou o mesmo fenômeno. Soares *et al.* (1984a) e Toledo *et al.* (2006) denominaram os períodos observados como pico de enxameação de abandono e pico de enxameação reprodutiva.

Em contrapartida, Martins *et al.* (2000) verificaram apenas um pico de incidência de enxames na zona urbana de Londrina-PR, ocorrido entre os meses de agosto-setembro, enquanto Zaluski *et al.* (2014) em Botucatu-SP, também encontraram apenas um pico, porém no período de fevereiro-março. Nascimento (2019) relata que o período de enxameação de abelhas africanizadas na região Metropolitana de Aracaju-SE acontece entre os meses de setembro a fevereiro do ano seguinte. Sandes-Júnior (2007) e Vieira (2007) em Salvador-BA notaram maior incidência de enxames de abelhas africanizadas no mês de março. Já Silva & Barreto (2016) relataram ocorrer na Grande São Paulo-SP, ampla variação dos picos de incidência de enxames na cidade.

Em Mossoró-RN os enxames foram registrados por toda a extensão da área urbana, no entanto, as ocorrências se concentraram mais na região centralizada da cidade (Figura 12), numa grande área abrangendo toda a Zona Central e parte das Zonas Norte, Oeste e Sul de Mossoró-RN.

Na literatura há referências de que as abelhas preferem as áreas verdes das cidades, como hortos e parques (MALERBO-SOUZA *et al.*, 2002; VIEIRA, 2007; NASCIMENTO, 2019), o que não parece ocorrer no perímetro urbano de Mossoró, uma vez que na região onde houve maior incidência de enxames, não há áreas predominantes com vegetação preservada, apenas poucas espécies arbóreas na frente e/ou quintais das

casas. A intensidade superior de ocorrências na região central da cidade pode ser justificada pela grande quantidade de edificações e maior presença humana, que torna possível detectar mais rapidamente a presença de enxames em locais considerados inapropriados. Freitas *et al.* (2007) afirma que a chegada de enxames nas cidades provoca medo e induz a população a notificar rapidamente às autoridades competentes para fazer a devida remoção. Isso também foi nitidamente percebido no presente trabalho, tendo em vista a urgência que os solicitantes relatavam ao fazer uma notificação de enxames de abelhas em suas residências.

Nas áreas verdes de Mossoró-RN normalmente não há estruturas para trânsito intenso de pessoas, exceto no Parque Municipal Maurício de Oliveira, localizado no centro da cidade. Locais com menor movimento de pessoas dificultam a notificação de possíveis enxames de abelhas africanizadas, já que, mesmo presentes nestas áreas, provavelmente as abelhas não foram vistas. As demais áreas verdes de Mossoró-RN se concentram basicamente ao entorno do 'Rio Mossoró', dividido em duas ramificações que cortam a cidade, também entre os terrenos baldios dos bairros periféricos, e nas propriedades ao redor do perímetro urbano, onde frequentemente não há trânsito intenso de pessoas. Nestes locais de vegetação, mesmo que as abelhas fossem encontradas, normalmente não eram notificadas aos bombeiros ou a Equipe do SOS Abelhas, porque, em geral, nesse tipo de ambiente as abelhas não incomodam tanto quanto em locais de perímetro urbano movimentados.

Além disso, o registro de baixa ocorrência de enxames nas áreas verdes de Mossoró-RN pode ter ocorrido como consequência da baixa disponibilidade de locais de nidificação, tendo em vista que as áreas verdes da região são devastadas, com vegetação secundária e a maioria das árvores presentes são caducifólias, ou seja, têm folhas decíduas, que caem na época de seca em resposta à escassez de água (ARAÚJO-FILHO, 1992; GIULIETTI *et al.*, 2004; LOIOLA *et al.*, 2012; MAIA-SILVA *et al.*, 2012). Em contrapartida, no perímetro urbano pode ter havido maior quantidade de locais disponíveis para nidificação com possibilidade diversificada de estruturas que possibilitem a instalação do ninho sem risco de radiação solar direta, o que contribui para o controle térmico das colônias (SANTOS *et al.*, 2017; DOMINGOS *et al.*, 2018).

Adicionalmente, as árvores da zona urbana de Mossoró-RN, em sua grande maioria não são caducifólias, pois são espécies exóticas comumente encontradas nas ruas, como mangueira (*Mangifera indica*), castanhola (*Terminalia catappa*), filgueira

(*Ficus* sp.) e nim indiano (*Azadirachta indica*). Essas espécies mantêm a copa perene, verde e frondosa o ano inteiro, proporcionando alternativas de sombreamento para os enxames na cidade. Lopes *et al.* (2011) e Santos *et al.* (2017) afirmam que a copa das árvores facilita o controle da temperatura dos ninhos de abelhas africanizadas nas condições semiáridas do Nordeste Brasileiro, proporcionando melhor desenvolvimento dos enxames.

Assim sendo, a preferência das abelhas por determinadas regiões da cidade para instalarem suas colmeias pode ser influenciada por diversos fatores como maior presença de árvores e flores, diversidade de locais para nidificação e abundância de estabelecimentos com bebidas açucaradas, como lanchonetes por exemplo. Portanto, a depender das condições que a região apresente, pode atrair maior quantidade de enxames que outras partes da mesma cidade.

Sandes-Júnior (2007) observou que em Salvador-BA foi registrado uma maior concentração de enxames nos bairros de Pituba e Itapuã. Este autor classificou estas áreas como sendo as mais atrativas para o aparecimento de enxameações na zona urbana do município. Raimundo *et al.* (2013) avaliaram as ocorrências de enxameações registradas pelo Corpo de Bombeiros Militar na região metropolitana de Natal-RN e perceberam que a maioria ocorreu na zona sul da cidade. Malerbo-Souza *et al.* (2002) afirmaram que a incidência de enxames silvestres de abelhas africanizadas no *Campus* da UNESP de Jaboticabal-SP foi maior em árvores nas áreas de reflorestamento, horto e pomar. Nascimento (2019) encontrou na Grande Aracaju-SE, que os locais de maiores ocorrências de enxames aconteceram nas áreas próximas de mata urbana e manguezais, espaços que este autor considerou serem de dispersão das abelhas.

Os locais dos estudos citados acima, onde as abelhas preferem áreas verdes, são caracterizados por terem vegetação arbórea de copa densa e perene, diferentemente da região semiárida do Bioma Caatinga onde Mossoró-RN se localiza, em que a vegetação predominante é composta por espécies caducifólias, que perdem as folhas durante parte do ano, como relatado anteriormente. Na região, as espécies arbóreas exóticas não perdem a copa e estas estão mais presentes na frente e/ou quintais das residências, sendo mais um fator que pode atrair as abelhas para as zonas urbanas.

O conhecimento da distribuição das enxameações em determinadas áreas de uma cidade é muito útil para a elaboração de programas de controle populacional e de prevenção à acidentes com estes insetos, uma vez que, para tais fins, torna-se possível

concentrar as medidas necessárias em zonas com maior incidência de enxames e que apresentam maiores riscos de acidentes, conforme se constata a elevada incidência de enxames de abelhas africanizadas em Mossoró-RN (Figura 12). Assim sendo, ações do poder público que tenham interesse em evitar acidentes com abelhas em Mossoró-RN, devem concentrar esforços para o controle populacional destes insetos principalmente no período de abril a setembro, e na região mais centralizada da cidade (Figura 12), que corresponde ao Centro de Mossoró-RN e aos bairros Bom Jardim, parte do Paredões, Barrocas, Santo Antônio, Abolições I e II, parte da Nova Betânia, Doze Anos, Boa vista, Alto da Conceição, Lagoa do Mato e Aeroporto I, onde há maior ocorrência de enxameações das abelhas africanizadas. Ações também poderiam ser intensificadas no entorno de Mossoró-RN (Figura 31) pois, apesar da coleta de enxames em “caixas isca” ter apresentado poucas capturas neste trabalho (apenas 5 enxames em aproximadamente seis meses) é possível com esse método reduzir a quantidade de enxames que entram na cidade, principalmente se estiverem instaladas em períodos de enxameações reprodutivas dos enxames, aumentando assim as chances de captura.

O padrão de distribuição dos enxames em Mossoró-RN não mudou ao longo do ano (Figura 13), nem entre as estações chuvosa e seca (Figuras 14 A e B), bem como, não sofreu alteração entre os períodos de maior e menor ocorrência de enxames (Figuras 14 C e D). A manutenção desse padrão nestes diferentes cenários pode ser explicada possivelmente porque as ocorrências, em sua maioria, não são oriundas de enxames migratórios, e sim de enxames reprodutivos, ou seja, descendentes dos que já estão na cidade.

Outra possibilidade é que grande parte dos enxames que chegam na zona urbana de Mossoró-RN sejam oriundos de enxameações das colônias nos apiários comerciais localizados nas propriedades ao entorno da cidade e/ou resultantes do abandono de seus ninhos localizados na vegetação nativa do Bioma Caatinga, embora este último seja mais provável de acontecer na estação seca da região. Freitas *et al.* (2007) afirmam que apenas 5% das colônias de abelhas africanizadas permanecem por todo o ano nas áreas semiáridas do Nordeste Brasileiro, fato justificado devido aos ataques de formigas (*Camponotus* sp.), carência de alimento (néctar e pólen) e água na estação seca, o restante migra para áreas litorâneas, onde existe maior umidade e vegetação rica em flores. No entanto, diferentemente de todo o litoral nordestino, que possui vegetação densa, formada por áreas úmidas de mangue e mata atlântica, na região litorânea

próxima à Mossoró-RN, distante à apenas 40 km da cidade, não há abundância de recursos florais para as abelhas. Isso devido à tipicidade da vegetação desse ambiente, composta principalmente por plantas xerófilas, com crescimento vegetativo lento e reprodução em curto período do ano, adaptadas para sobreviver em áreas muito quentes e secas (GIULIETTI *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2009; LOIOLA *et al.*, 2012).

Dessa forma, sem condições de abundância para as abelhas na Caatinga nem no litoral, as cidades dessa região do Semiárido Brasileiro, como Mossoró-RN, se mostram, portanto, atrativas, ricas em diversidade de locais de nidificação, oferta de alimentação em estabelecimentos comerciais, jardins, canteiros e hortas de quintais irrigados, bem como presença de árvores exóticas que oferecem alimento e opções de nidificação em edificações e locais sombreados por copa densa. No entanto, é importante destacar que, embora acredite-se haver migração de enxames da Caatinga para Mossoró-RN, principalmente percebida pela ocorrência de enxames pequenos e sem zangões na época de escassez de alimento na Caatinga, esse comportamento não foi muito significativo na cidade, tendo em vista que não foi suficiente para provocar um pico de enxameação nesse período. Como o aumento expressivo na enxameação ocorreu na época em que as condições ambientais estavam favoráveis (com disponibilidade de alimento e com temperatura ambiental amena), pode-se sugerir que o pico de enxameação que ocorre em Mossoró-RN é reprodutivo, possivelmente originado pelos próprios enxames que estão na cidade ou nas áreas próximas, incluindo colmeias de apicultores, como discutido acima.

6.2 Biologia das abelhas africanizadas e preferências na escolha do local de nidificação

No ambiente urbano de Mossoró-RN as abelhas africanizadas encontram grande diversidade de locais para construção do ninho e apresentam comportamento bastante generalista quanto a escolha do ambiente de nidificação, uma vez que pôde ser encontrado enxames numa enorme variedade de estruturas, com materiais de características diversas (Figura 15). Como já discutido no tópico anterior, devido à devastação e à característica vegetal das plantas caducifólias da Caatinga, as abelhas africanizadas possivelmente não teriam, na região do semiárido potiguar, as oportunidades de locais oferecidas pelas zonas urbanas, como as de Mossoró-RN por

exemplo, com condições de nidificação que permitam o alcance da homeostase térmica das colônias.

Os locais de nidificação de *A. mellifera* em ambiente urbano também podem variar em diferentes cidades, a depender das características do ambiente, oferta de locais e clima da região. Toledo *et al.* (2006) verificaram que na zona urbana de Maringá-PR, a maior parte dos enxames estavam sob o telhado das casas. Sandes-Júnior (2007) em Salvador-BA, assim como Silva & Barreto (2016) na Grande São Paulo, também relataram que a maioria dos enxames foram encontrados em edificações, indicando um grau elevado de sinantropia destes insetos. Por sua vez, Nascimento (2019) encontrou enxames alojados em grande variedade de locais na região metropolitana de Aracaju-SE, concluindo que essa variação confirma o grau de adaptação das abelhas africanizadas às condições oferecidas pelas áreas urbanas.

Como mostra a Figura 16A, foi notificado maior quantidade de enxames com presença de ninho formado (favos com cria), comparado com a quantidade de enxames que ainda não estavam instalados ou nidificados, chamados de enxames voadores. Do mesmo modo, a quantidade de solicitações que estavam em ambiente aberto (enxame exposto), também foi significativamente maior do que a quantidade de enxames que encontravam-se em ambiente fechado, com o enxame protegido em cavidade (Figura 16B). Essas informações são bastante úteis para instituições, empresas ou para os próprios apicultores que pretendem atuar com essa atividade de captura de enxames, como ocorreu com a prestação desse serviço realizado voluntariamente pelo Programa SOS Abelhas em Mossoró-RN e por empresas e apicultores que atuam na região com fins lucrativos. Este conhecimento é bastante válido na elaboração de estratégias de captura ativa como método para o controle de abelhas africanizadas, prevenindo possíveis acidentes em zonas urbanas.

Além disso, esta proporção de enxames encontrados com ou sem nidificação em perímetro urbano, é de interesse porque indica noções sobre a dinâmica de trabalho durante a atuação nessa atividade. Tendo em vista que, na prática, enxames nidificados requerem maior investimento de tempo para a captura com sucesso e são mais defensivos durante o processo de manipulação (DE SOUZA *et al.*, 2012; SÁ & SOUSA, 2019), exigindo portanto, mais cuidado durante a captura em zonas urbanas, ao contrário de enxames voadores que são geralmente mais mansos e podem ser removidos por sistemas de sucção, que proporcionam maior agilidade ao processo de captura. Mas

vale ressaltar que, enxames capturados após estarem com a colônia já estabelecida, a permanência das abelhas na caixa é mais provável, garantindo maiores taxas de capturas bem sucedidas. Do mesmo modo, a situação do enxame, protegido ou exposto, também é muito importante para se elaborar um programa de atuação com resgate de abelhas nas cidades, pois enxames protegidos em cavidades apresentam maiores dificuldades de acesso ao mesmo, requerendo do manipulador, um maior esforço para realização da captura, tendo em vista que, geralmente é preciso quebrar forros de residências, remover telhados, desmontar estruturas, entre outras ações, enquanto que enxames expostos normalmente têm o trabalho facilitado devido ao local já ser aberto e o enxame visível. Sendo assim, além do conhecimento sobre o comportamento das abelhas africanizadas nas cidades, essas informações são, do ponto de vista prático, úteis para serem levadas em consideração durante o planejamento de um programa de coleta de enxames em locais urbanos.

Por seu hábito generalista em relação a locais de nidificação, as abelhas africanizadas podem ocupar tanto cavidades como locais expostos (SOUSA *et al.*, 2000; MALERBO-SOUZA *et al.*, 2002; TOLEDO *et al.*, 2006; SILVA & BARRETO, 2016), diferentemente das abelhas de origem europeia, que raramente são encontradas nidificando ao ar livre (SEELEY, 1982; WINSTON, 1991; LIPINSKI, 2019). No entanto, as escolhas das abelhas africanizadas também são reflexo das possibilidades ou alternativas de nidificação encontradas no ambiente explorado por elas nas cidades.

Winston *et al.* (1983) na Venezuela, assim como Maniglia (1994) em Ituverava-SP, Toledo *et al.* (2006) em Maringá-PR e Zaluski *et al.* (2014) em Botucatu-SP, verificaram que as colônias preferiram se instalar em locais protegidos (cavidades). Enquanto Vieira (2007) afirmou que em Salvador/BA os enxames foram encontrados principalmente em árvores, assim como relatado por Malerbo-Souza *et al.* (2002) no *Campus* da UNESP de Jaboticabal-SP, onde as abelhas preferiram se instalar nas árvores devido à grande área de reflorestamento, o horto e o pomar do *Campus*, embora estes autores também tenham encontrado que nas outras áreas da cidade de Jaboticabal, a maioria das colônias estavam nidificadas no interior de cavidades.

Nesse trabalho, ainda que no geral, a maioria dos enxames registrados estivessem em locais abertos (enxame exposto) (Figura 16B), observou-se que nos locais fechados (enxame protegido), ocorreu maior quantidade de enxames nidificados (133), quando comparados aos enxames voadores especificamente nesse ambiente (23). Já em locais

abertos, foram encontrados quantidades semelhantes de enxames nidificados e de voadores, com 144 e 149 ocorrências, respectivamente (Tabela 2).

Essa diferença apresentada em ambiente protegido, entre a quantidade de enxames com presença de ninho e o número de enxames voadores, sugere que, quando as abelhas africanizadas procuram um sítio para estabelecer sua colônia, são mais seletivas do que quando procuram um local provisório, apenas para pouso e descanso. Talvez esse maior grau de exigência na escolha do local para construir seu ninho seja por instinto de proteção contra inimigos naturais, uma vez que, quando seus ninhos contêm estoques de mel e pólen, além da abundância de cria, ocorre a atração de diversos tipos de predadores em busca de alimento (WINSTON, 1987; KASPEREK *et al.*, 2012; FOSS, 2015). Essa preferência também pode ser com o intuito das abelhas alcançarem com mais facilidade o controle térmico no interior da colônia, tendo em vista que a termorregulação necessita ser mais precisa na presença de crias, as quais dependem de um rigoroso controle da temperatura para obterem o desenvolvimento adequado (KRONENBERG & HELLER, 1982; BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003). Já nos enxames em local provisório, parece haver cuidado reduzido contra predadores (WINSTON, 1987) e menor controle da termorregulação no interior do aglomerado, que frequentemente apresenta temperaturas com amplitudes maiores, pois nesses casos o controle térmico é mais flexível por causa da ausência de crias (STABENTHEINER *et al.*, 2010). Além disso, esses enxames também são menos defensivos por não terem ainda um local definido, nem uma colônia formada, com presença de crias e alimentos estocados para proteger (WINSTON, 1987; SÁ & SOUSA, 2019).

No presente trabalho, entre os meses de outubro e janeiro, chamou atenção o fato do surgimento de enxames encontrados em locais muito pequenos como panelas, vasilhas de plástico, caixas de papelão e madeira, com tamanhos de aproximadamente 0,001 a 0,003 m³ (1 a 3 litros). Seeley & Morse (1978) afirmam que as abelhas escoteiras examinam cavidades em árvores e objetos, analisando o local usando vários critérios físicos, como volume, tamanho do orifício de entrada e altura acima do solo. No entanto, nestes casos específicos encontrados durante esta pesquisa, pode-se sugerir que as abelhas não escolheram o local adequadamente, tendo em vista a notória ausência de espaço suficiente na cavidade para o desenvolvimento do enxame.

O processo de seleção do local para construção do ninho requer uma eficiente comunicação e esforço coletivo do enxame para conseguir eleger um bom lugar para

construir a nova moradia (SEELEY, 2010; MAKINSON & BEEKMAN, 2014; FOSS, 2015; LIPINSKI, 2019). Durante o longo processo, as escoteiras precisam encontrar o local adequado, depois, retornar ao aglomerado de abelhas para comunicar por meio de dança sobre as circunstâncias do novo ninho, como distância, direção e qualidade (DYER, 2002, SEELEY, 2010). Logo em seguida, devem ser capazes de recrutar outras escoteiras e voltar ao local do possível ninho para reavaliá-lo, podendo ser necessário retornos subsequentes (SEELEY & BUHRMAN, 1999). Toda essa atividade requer demanda de energia das abelhas e, o fato desses enxames possivelmente estarem abandonando seu local de origem, por vezes à quilômetros de distância (FREITAS *et al.*, 2007; SEELEY, 2010), provavelmente exaustos, com déficits nutricionais e/ou sem recursos energéticos nas vesículas melíferas (papo de mel), pode ter influenciado às abelhas a fazerem uma escolha do sítio de nidificação com qualidade reduzida.

Considerando que os enxames encontrados nestas condições eram sempre pequenos (com aproximadamente até mil abelhas), a quantidade limitada de escoteiras também pode ter afetado a escolha, tendo em vista que geralmente só 3 a 5% das operárias do enxame voam no ambiente circundante a procura de um novo local (SEELEY *et al.*, 1979; SEELEY & BUHRMAN, 1999; SEELEY, 2010; BERNARDI *et al.*, 2019; LIPINSKI, 2019), podendo assim comprometer o processo de escolha quando se trata de enxames muito pequenos, os quais terão poucas escoteiras, ou “mão de obra” reduzida para o desempenho desta função. Apesar disso, embora pouco tenha sido encontrado na literatura sobre a relação entre o tamanho do enxame e o volume da cavidade, o fato de ter-se observado que esses locais pequenos eram sempre ocupados por enxames também pequenos, indica a existência de algum mecanismo durante a escolha que considere o volume do local em relação ao tamanho do enxame. Segundo Rinderer *et al.* (1981), abelhas africanizadas na Venezuela selecionaram cavidades com volume de 80 litro ao serem oferecidas opções de caixas com 10, 20, 40 e 80 litros.

Há uma hipótese de que as abelhas escoteiras andando, conseguem estimar a área da superfície interna da cavidade de um potencial ninho e, com pequenos saltos e voos curtos dentro da cavidade, elas estimam o volume do espaço interno (FRANKS & DORNHAUS, 2003). Ainda que outras preferências de qualidade sejam consideradas pelas abelhas, é provável que o volume da cavidade seja o critério de seleção mais crítico na avaliação de um sítio de nidificação (JAYCOX & PARISE, 1980; SZABO, 1983; VISSCHER *et al.*, 1985). Os enxames de *A. mellifera* evitam construir seus

ninhos em cavidades com tamanho menor que $0,010 \text{ m}^3$ (<10 litros) e mostram uma forte preferência por cavidades de cerca de $0,040 \text{ m}^3$ (40 litros). As razões prováveis para isso são que as cavidades menores têm espaço de armazenamento insuficiente para o mel e, por outro lado, as maiores tornam a termorregulação mais difícil (SEELEY, 1977; SEELEY & MORSE, 1978).

No caso das condições observadas em Mossoró-RN, essas ocupações em pequenas cavidades, ainda que, por pequenos enxames, parece sugerir que as abelhas desconsideraram o espaço necessário para desenvolvimento, o que aponta para eventuais erros na escolha do sítio de nidificação. Possibilidades de acompanhamento de enxames instalados nessas condições devem ser consideradas em futuros estudos para avaliar a dinâmica da colônia, crescimento populacional, capacidade de estoque de alimento, tempo de permanência no local e a eficiência reprodutiva e termorregulatória desses enxames, a fim de entender as consequências biológicas resultantes da escolha das abelhas por cavidades com tamanho muito reduzido.

Os dados também indicam que as abelhas africanizadas apresentam preferência por altura, sendo encontrado a maioria dos enxames em locais com até 4 metros (Figura 17), embora se tenha registrado que foram capazes de se instalarem em locais bem mais altos (até 18,5 metros). Isso provavelmente ocorre porque as abelhas tentam fugir das fortes rajadas de vento, que são mais intensas em alturas maiores. Durante o forrageamento as abelhas africanizadas podem localizar e visitar fontes de alimento à cerca de 30 metros, embora o maior número de visitas concentre-se entre 0 e 5 metros (MORETI & MARCHINI, 1998). Silva (2008) afirma que a velocidade média do vento é menor próximo ao solo e aumenta à medida que se afasta da superfície, devido ao fenômeno de atrito do vento com as superfícies, ação conhecida como *arrasto*. A Figura 32 mostra que a velocidade do vento é zero junto à superfície, aumentando rapidamente com a altura (SILVA, 2008).

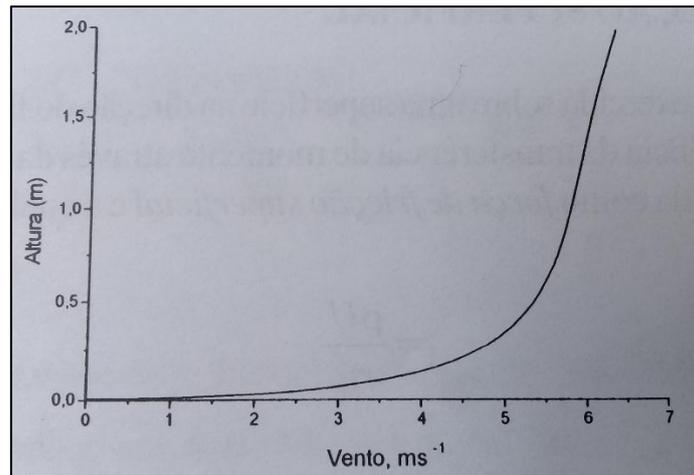


Figura 32. Perfil de vento em diferentes alturas sobre a superfície do solo (Fonte: SILVA, 2008).

Embora os enxames mostrem aparente interesse em se protegerem de ventos fortes e, a velocidade média do vento seja menor próximo ao solo (SILVA, 2008), as abelhas nem sempre dão preferência à sítios de nidificação na superfície, podendo-se considerar que a escolha das abelhas por determinadas alturas deva também sofrer influência de outros fatores, além da variação das correntes de vento. Instintivamente, durante a procura de local para nova moradia, é provável que as abelhas escoteiras levem em consideração sítios com alturas que fornecem melhores condições de segurança às colônias, dificultando a ação de predadores, como diversos autores relatam (GUY, 1972; SEELEY & MORSE, 1978; SEELEY, 1982; WITHERELL, 1985; TOLEDO *et al.*, 2006; FOSS, 2015; LIPINSKI, 2019).

Um padrão de preferência também foi verificado quanto à orientação geográfica de construção dos favos nos enxames encontrados em Mossoró-RN, uma vez que foram registrados 109 enxames com favos construídos tendencialmente na direção leste/oeste, enquanto apenas 52 enxames foram encontrados com favos orientados no sentido norte/sul (Figura 18A).

Com base apenas nestas informações coletadas, o motivo dessa preferência das abelhas em construir os favos do ninho principalmente na direção leste/oeste, não parece claro. É possível que razões diversas, como a direção do vento, disposição da estrutura do local de nidificação, época do ano e o campo magnético da terra possa ter influenciado na obtenção destes resultados, no entanto, não se encontrou relatos na literatura quanto a este comportamento de preferência das abelhas na construção do ninho.

De todo modo, tendo em vista que as abelhas africanizadas apresentaram naturalmente essa intensão em construir seus favos orientados no sentido leste/oeste, pode-se recomendar que os apicultores usem esta informação como estratégia para capturar enxames, de modo a instalar “caixas isca” com as tiras de cera, que são comumente usadas nos quadros das colmeias preparadas como iscas, dispostas também no sentido leste/oeste. Se as abelhas preferem, instintivamente construir os favos nesta orientação, como registrado nesse trabalho, então é provável que “caixas isca” contendo os quadros alinhados nesta posição geográfica possam apresentar maior atratividade de enxames. Esta pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência de captura de enxames de abelhas africanizadas com intuito de controlar populações desses insetos em zonas urbanas, utilizando o método por “caixas isca” (DINIZ & SOARES, 1990; DINIZ *et al.*, 1994; SOARES, 1998, 2004; VIEIRA, 2007; NASCIMENTO, 2019), bem como, interferir positivamente na cadeia apícola produtiva, uma vez que esse conhecimento pode beneficiar os apicultores que povoam seus apiários através de enxames capturados com essa prática, melhorando assim os índices de captura.

Já a posição dos favos, se paralela ou perpendicular em relação à entrada de vento nas colônias instaladas em cavidades, não apresentou evidências de favoritismo entre estas alternativas de construção pelas abelhas. Foram encontrados 41 enxames com favos perpendiculares e 35 enxames com favos na posição paralela à entrada de vento (Figura 18B). Neste trabalho, foi considerada a posição perpendicular, quando as abelhas construíram seus favos de modo que a entrada de vento fosse barrada por um dos favos laterais da colônia, situação que, por dificultar a entrada de vento no interior do ninho, pode ser denominada como “câmara quente”. Já a posição paralela foi registrada quando as abelhas construíram seus favos em posição que facilitasse a entrada de vento, situação que permite maior circulação de vento no interior do ninho, podendo ser denominada como “câmara fria”.

Embora não se tenha encontrado preferência dessa orientação no presente estudo, mais de 70% dos enxames coletados em Jaboticabal-SP apresentaram predileção por estabelecer suas colônias em cavidades com condições de câmara fria (MALERBO-SOUZA *et al.*, 2002), enquanto em Ituverava-SP os enxames apresentaram preferência por condições de câmara quente (MANIGLIA, 1994). É possível que a escolha das abelhas sobre posição de construção dos favos em cavidades, leve em conta a facilidade de obtenção do controle térmico e, portanto, talvez esse comportamento seja

consequência da orientação geográfica do orifício de entrada desses locais, o qual, por sua vez, pode permitir a passagem de rajadas de vento com maior ou menor intensidade, dependendo da direção do mesmo. Adicionalmente, este comportamento pode ser influenciado pelas condições climáticas locais, como a temperatura média das cidades em que foram realizados os estudos, bem como, da época do ano em que os enxames se instalaram, sendo provável que estações mais frias possam induzir as abelhas a construir seus ninhos em condição de câmara quente, enquanto em épocas de maior temperatura, como no verão, optem pela situação oposta (câmara fria).

A maioria dos enxames encontrados foram classificados com tamanho populacional pequeno, sendo que 127 enxames enquadraram-se na faixa de até 10 mil abelhas e 144 na faixa de 10 a 20 mil abelhas. O restante foi classificado nas faixas de 20 a 40 mil abelhas (87 enxames); 40 a 60 mil (39 enxames) e maior que 60 mil abelhas (16 enxames), totalizando 413 enxames que puderam ser classificados quanto ao tamanho populacional (Figura 19). Acredita-se que a maioria dos enxames nessa região foram encontrados ainda muito pequenos porque os munícipes notificavam a ocorrência destes e solicitavam a devida remoção, tão logo percebiam a presença das abelhas, impedindo assim os enxames de crescerem no local. Era muito comum haver conflitos entre vizinhos e relatos dos munícipes com medo da ocorrência de acidentes devido a presença das abelhas nas árvores de suas ruas e residências. Dessa forma, frequentemente solicitavam a remoção dos enxames em caráter de urgência, acontecimento também mencionado por Freitas *et al.* (2007) no Ceará. Os enxames classificados em tamanhos maiores foram observados ao longo do ano inteiro, porém eram comumente encontrados no período de maior fluxo de néctar e pólen na região, entre os meses de maio e julho. Além disso, a variação observada no tamanho populacional dos enxames, inclusive na mesma época, certamente foi influenciada pelas particularidades da área, pois o local em que um enxame se estabelece pode ser determinante para o crescimento da colônia, tendo em vista que, segundo Nisbet *et al.* (2019), diferentes condições ambientais são a principal causa das diferenças fenotípicas comportamentais observadas entre colônias. Estes autores relataram que a localização dos enxames interfere na população de abelhas adultas, produção de cria, mel e cera, bem como o comportamento forrageiro das abelhas.

Os enxames maiores, portanto mais desenvolvidos, também foram encontrados com mais frequência nos locais protegidos, como forros de residência, caixas d'água ou

esgoto, etc., o que pode ser atribuído ao maior tempo que as pessoas levavam para detectá-los nesses locais, visto não estarem com a visibilidade facilitada, havendo mais tempo para os mesmos crescerem. Além disso, esses enxames instalados em cavidades podem ter se beneficiado com a redução do gasto energético para alcançar o controle térmico da área de ninho, ao contrário dos enxames expostos, conseguindo mais facilmente manter a homeostase térmica da colônia, como é constatado em enxames de *A. mellifera* nidificados em cavidades (SEELEY & MORSE, 1978; FOSS, 2015; LIPINSKI, 2019). Quando há economia de tempo e energia das abelhas nos processos termorregulatórios da colônia, os parâmetros de desenvolvimento e produção melhoram significativamente, uma vez que nestes casos, haverá mais “mão de obra” das abelhas para serem empregadas em outras tarefas como forrageamento, aumentando assim a capacidade produtiva e de expansão dos enxames (LOPES *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2017; DOMINGOS *et al.*, 2018).

Os enxames considerados muito pequenos, com aproximadamente mil abelhas, ocorreram principalmente entre os meses do início e final do ano (jan-fev, nov-dez), período considerado como sendo de muita escassez na área de vegetação da Caatinga local (MAIA-SILVA *et al.*, 2012; LIMÃO, 2015), o que pode indicar que sejam enxames migratórios fugindo de condições adversas, como carência de néctar e pólen, falta d’água e ataque de formigas (FREITAS *et al.*, 2007), ou a procura de local protegido da radiação solar direta para instalarem suas colônias, dado que no período de estiagem, a maioria das plantas na Caatinga deixam suas folhas caírem para economizar água (GIULIETTI *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2009; LOIOLA *et al.*, 2012), dificultando assim a procura das abelhas por locais sombreados nessas áreas.

Considerando a época que esses pequenos enxames comumente surgem em Mossoró-RN e que são oriundos de processos de enxameação por abandono, também é presumível que o tamanho muito reduzido da população de abelhas se deva ao fato de que, além da redução populacional induzida pelas condições adversas no seu local de origem, também perderam abelhas durante o trajeto de fuga para a cidade, que pode ser à quilômetros de distância da área abandonada (FREITAS *et al.*, 2007; SEELEY, 2010). Como abordado anteriormente, nestas circunstâncias apresentadas, as abelhas do enxame estão possivelmente cansadas do percurso, com baixa nutrição, poucas reservas energéticas no papo de mel das operárias, entre outros fatores, fazendo o enxame perder indivíduos por múltiplas condições adversas impostas pelo ambiente.

Também foi observado que, curiosamente, pequenos enxames foram capazes de passar semanas em forma de *cluster* (aglomerado de abelhas) pendurado ou grudado em determinado local, sem que iniciasse a construção do ninho nem partisse para um local definitivo. A presunção de estado debilitado desses enxames também pode justificar esse fenômeno observado, ou seja, nesses casos, a demanda por energia para fundar o ninho parece tornar-se um empecilho conflituoso entre as abelhas esgotadas, dificultando a decisão de estabelecerem ou não a colônia no local.

Alternativamente, é possível se supor que a permanência de pequenos enxames por tempo prolongado num local se deva à fatores relacionados a baixa disponibilidade de abelhas escoteiras experientes para encontrar um local adequado (SEELEY, 2010; BERNARDI *et al.*, 2019) ou problemas relacionados à comunicação do local do novo ninho, fato que, em áreas movimentadas e, por vezes, com interferências externas, os enxames podem interromper o processo de comunicação sobre o sítio de nidificação, não conseguindo realizar a enxameação adequadamente.

O processo de enxameação das abelhas requer, além de uma comunicação coletiva eficiente, que o enxame se mova no ar como um grupo coeso em direção ao local escolhido (SEELEY, 2010; MAKINSON & BEEKMAN, 2014). Durante esse processo as abelhas utilizam vários mecanismos de comunicação como a dança do requebrado para indicar a distância, direção e qualidade do novo ninho (DYER, 2002, SEELEY, 2010), e o “sinal de parada” (*stop signal*) para comunicar às demais escoteiras que o novo sítio de nidificação atingiu um *quórum* suficiente (limite de abelhas recrutadas para avaliar o local) e, portanto, que o novo local já está definido (SEELEY & VISSCHER, 2003; SEELEY & VISSCHER, 2004; SEELEY *et al.*, 2012). Também há o “sinal de tubulação” (*piping signal*) para ativar as demais abelhas do enxame, induzindo-as a aquecerem seus músculos de voo para partir (SEELEY & TAUTZ, 2001; SEELEY *et al.*, 2003) e, por último, o “sinal de zumbido” (*buzz-run signal*), emitido quando todas as abelhas do aglomerado já estão fisicamente preparadas para o voo (RITTSCHOF & SEELEY, 2008), impulsionando o enxame à voar como uma “nuvem” de abelhas na direção necessária, guiado pelas escoteiras (BEEKMAN *et al.*, 2006; LATTY *et al.*, 2009; GREGGERS *et al.*, 2013). Este comportamento coletivo pode não ser realizado com êxito quando há interferências externas, em razão da complexidade deste fenômeno em deslocar uma multidão agrupada de abelhas para o local selecionado (SEELEY, 2010).

Dado que enxames de *A. mellifera* empregam várias táticas comportamentais durante o processo de tomada de decisão no *cluster* temporário, interrupções dessas etapas podem comprometer a capacidade de orientação do enxame. No presente trabalho houve diversos relatos de que a população ou munícipes tentaram atear fogo, colocar fumaça, ou aplicar veneno nos enxames que haviam acabado de pousar em locais inconvenientes. Essas práticas quase sempre faziam o aglomerado de abelhas se espalhar e, eventualmente, se dividir em vários pequenos aglomerados de abelhas, fato que pode ter prejudicado a capacidade dos enxames em se deslocarem como um grupo coeso para local definitivo. Sendo assim, os enxames muito pequenos que permaneciam por semanas num mesmo local podem ter se originado da fragmentação de enxames estabelecidos por interferências semelhantes a estas relatadas. Além disso, tem o fato de cheiros fortes, fumaça dos automóveis e muito outros fatores que podem atuar como interferências externas e atrapalhar o processo de enxameação durante o delicado momento da comunicação das abelhas do enxames.

Lindauer (1955) e Seeley & Visscher (2003) fizeram relatos de enxames de *A. mellifera* que partiram apesar das abelhas ainda não terem um consenso do local a se dirigirem e o resultado foi que os enxames se dividiram ao meio e as metades do enxame seguiram em direções opostas. Makinson & Beekman (2014) forçaram oito enxames ao voo enquanto as abelhas escoteiras ainda anunciavam vários locais alternativos de nidificação e perceberam que nenhum dos enxames conseguiu coordenar com sucesso o movimento de voo das abelhas. Estes autores afirmaram que os enxames não podiam voar porque as abelhas não estavam suficientemente preparadas para o voo por causa da falta do “sinal de zumbido” (*buzz-run signal*). Os enxames de *A. mellifera* só são capazes de realizar voo coordenado quando um consenso entre as abelhas é alcançado antes do momento da decolagem que resulta de uma decisão coletiva das abelhas escoteiras dançarinas ou “*scout bees*” ao realizarem as danças, também conhecidas como “*whirr dance*” (SEELEY & TAUTZ, 2001; SEELEY *et al.*, 2003; MAKINSON & BEEKMAN, 2014; LIPINSKI, 2019).

Durante os processos de captura foi possível avaliar o nível do comportamento defensivo de 137 enxames. Destes, a maioria (85 enxames) apresentaram defensividade baixa, superando a quantidade de enxames classificados na categoria de defensividade média, com 33 enxames, bem como na categoria de alta defensividade, com apenas 18 enxames (Figura 20).

O manejo correto de enxames silvestres de abelhas africanizadas estabelecidas em ambiente urbano é muito importante para que o sucesso dos trabalhos de captura sejam realizados de forma segura, visando o bem estar das pessoas e animais próximos. Para isso, o adequado manejo com fumaça é primordial, fato atribuído ao presente caso de sucesso nas capturas de enxames silvestres de abelhas africanizadas estabelecidas em zonas urbanas de Mossoró-RN.

A literatura registra que enxames estabelecidos em locais quentes, são mais defensivos. Brandeburgo (1986), submeteu colônias oriundas de Ribeirão Preto-SP às condições de Recife-PE e vice-versa, e constatou que quando as colônias de Ribeirão Preto eram avaliadas em Recife, local mais quente e úmido, sempre apresentavam-se mais defensivas, enquanto as mesmas colônias de Recife comportavam-se menos agressivas quando instaladas em Ribeirão Preto. Isso demonstra claramente a forte influência dos fatores locais no comportamento das abelhas. A temperatura se correlaciona positivamente com a agressividade e o número de abelhas campeiras, o que caracteriza uma maior atividade de defesa da colônia em cidades ou períodos mais quentes (BRANDEBURGO, 1986; MELLO *et al.*, 2003). Nas condições da região de Jaboticabal-SP, Malerbo-Souza (2002) não encontrou enxames classificados como defensivos, assim como Maniglia (1994) nas condições de Ituverava-SP, o que pode ser resposta das condições ambientais mais amenas do sudeste do país, como também foi observado por Brandeburgo (1986). Em Mossoró-RN, apesar da alta temperatura ambiente ao longo do ano, a grande quantidade de enxames classificados como tendo baixa defensividade pode ser atribuída ao manejo correto, principalmente aplicando fumaça com tempo e quantidade suficiente para acalmar as abelhas. A baixa defensividade também se deve ao tamanho dos enxames, que em sua maioria, foram encontrados com população menor que 20 mil abelhas (Figura 19), ou seja, em geral, os enxames pequenos e pouco defensivos notificados em zona urbana de Mossoró-RN facilitou o trabalho de captura em locais movimentados, como nas áreas utilizadas no presente estudo.

Essas informações são úteis para o conhecimento sobre o comportamento e biologia das abelhas africanizadas nas cidades e, além disso, na prática fornecem indicações fundamentais que devem ser levadas em consideração durante o planejamento de um programa de coleta de enxames em locais urbanos.

6.3 Aspectos reprodutivos dos enxames na cidade

Os enxames de abelhas africanizadas registrados na região de Mossoró-RN investiram na criação de rainhas e zangões ao longo do ano inteiro, mas intensificaram essa produção no período chuvoso da região, que é entre os meses de janeiro e julho. A quantidade de enxames observados com a presença da rainha na estação chuvosa foi semelhante à estação seca, respectivamente com 199 e 176 enxames (Figura 21A). Já os enxames registrados com a existência de zangões na estação chuvosa (121) foi superior ao número de enxames com zangões na estação seca (44), como mostra a Figura 21B.

A presença da rainha nas colônias avaliadas não foi influenciada pelas condições ambientais das estações climáticas, fato justificado porque, obviamente, a permanência da rainha no enxame é crucial para a sobrevivência do mesmo, tendo em vista que a rainha é a única fêmea fértil da colmeia, mãe de todos os indivíduos da colônia, sendo responsável por metade da informação genética que é repassada para suas filhas e por todo o genoma que é herdado pelos zangões (HAMILTON, 1964; LAIDLAW & PAGE, 1984). Assim, cada colmeia é liderada por uma rainha reprodutiva e, dessa forma, as colônias de abelhas são altamente vulneráveis à fertilidade da rainha (BRUTSCHER *et al.*, 2019).

Além de seu papel como principal reprodutora feminina em uma colônia, a rainha também libera continuamente uma mistura de feromônios que mantêm passivamente a coesão social e outros aspectos da organização do enxame, garantindo o funcionamento e a homeostase do mesmo (WINSTON, 1987; MAISONNASSE *et al.*, 2010). Tais compostos são produtos das glândulas mandibulares e, por este motivo, a mistura destes é chamada de feromônio da glândula mandibular da rainha, ou simplesmente, substância da rainha. Os dois componentes essenciais encontrados nessa mistura são o ácido 9-ceto (E)-2-decenóico e o ácido 9-hidroxi (E)-2-decenóico, mais conhecido como 9-ODA e 9-HDA, respectivamente (SLESSOR *et al.*, 2005; MAISONNASSE *et al.*, 2010). Dessa forma, em virtude da importância da rainha para a colônia, as abelhas operárias se esforçam para mantê-la, priorizando investimentos energéticos na proteção e cuidado da rainha, mesmo em períodos de escassez.

Alguns poucos casos de enxames sem rainha foram encontrados, sendo provável que estes tenham perdido a rainha durante o processo de substituição da mesma. Uma

vez que no período de fecundação, durante o voo nupcial, a rainha pode se perder ou ser capturada por predadores, principalmente pássaros e aranhas, visto que ela pode voar até 3 km de distância de sua colmeia a fim de encontrar áreas de congregação de zangões para ser fecundada, em geral localizadas por volta de 5 a 40 metros acima do solo (SCHLÜNS *et al.*, 2005; ELLIS *et al.*, 2015). Além disso, o fato das rainhas de *A. mellifera* serem poliândricas, que é o comportamento destas copularem com vários machos (SCHLÜNS *et al.*, 2005), aumenta o risco de serem infectadas com patógenos sexualmente transmissíveis, como *Nosema* spp. ou o vírus da asa deformada, que podem ameaçar sua saúde e/ou causar sua morte (BRUTSCHER *et al.*, 2019).

O geneticista polonês J. Woyke (1960), um dos maiores especialistas em genética de abelhas e inseminação instrumental de *A. mellifera*, por métodos de contagens de espermatozoides na espermateca de 123 rainhas fecundadas livremente e dissecadas, concluiu que cada rainha era fecundada por 8 a 9 machos. Woyke (1980a,b) confirmou a estimativa de que as rainhas são fecundadas livremente em média por 8 machos. Kerr & Bueno (1970), em seus experimentos envolvendo cruzamentos naturais de *A. m. adansonii* e *A. m. ligustica* no Brasil, estimaram para as rainhas africanas, fecundadas livremente, uma média de 7,5 zangões e para as italianas aproximadamente 5 zangões. Posteriormente Winston (1987) e Kraus *et al.* (2005) afirmaram que rainhas de *A. mellifera* acasalam-se com uma média de 12 zangões e, trabalhos mais recentes (WITHROW & TARPY, 2018; BRUTSCHER *et al.*, 2019), afirmam que o número de machos que fecundam as rainhas em voo livre pode ser superior a 40 zangões.

A ocorrência de zangões nas colmeias, por sua vez, pode ser mais variável, tendo em vista que os zangões tem apenas as funções reprodutivas (SCHLÜNS *et al.*, 2005; ELLIS *et al.*, 2015). Portanto, as abelhas só investem na produção de machos quando percebem que há condições ambientais favoráveis à reprodução da colônia. Nas colmeias dos apiários comerciais da região semiárida do Bioma Caatinga, é comumente observado por apicultores e pesquisadores que atuam na localidade, que a ocorrência de zangões não acontece no período de estiagem, diferentemente do que foi observado no perímetro urbano de Mossoró-RN durante esta pesquisa, onde houve a presença de zangões nos enxames também no período seco, embora tenha ocorrido uma redução destes em relação ao período chuvoso (Figura 21B). A provável causa para a manutenção dos zangões ao longo do período seco é a maior oferta de alimentação em estabelecimentos na cidade, jardins, canteiros e hortas de quintais irrigados, assim

como, a existência de árvores exóticas que oferecem pólen e néctar no período mais crítico do ano.

A escassez de zangões é um problema relevante na apicultura quando se trata da produção de rainhas no período de entressafra, pois os machos são necessários para fecundar as rainhas produzidas através do método Doolittle (1899), o qual é empregado por apicultores e pesquisadores como forma de indução artificial para criação de abelhas rainhas com fins produtivos e/ou científicos (MEDEIROS *et al.*, 2011; PAIVA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013; SANTOS, 2015; GOMES *et al.*, 2019). A indisponibilidade de zangões nos apiários tem sido relatada como um fator limitante para a produção de rainhas, em especial no período seco das regiões semiáridas do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2013; ARAUJO-NETO, 2019; MORAIS, 2019). No entanto, dado que a presença de zangões em perímetro urbano ocorre com relativa abundância na estação seca (Figura 21B), apiários com núcleos de fecundação contendo rainhas virgens poderiam ser montados próximos às áreas urbanas a fim de que estas rainhas encontrem zonas de congregação de zangões e copulem com sucesso. Vale ressaltar que, para evitar a possibilidade de ocorrer acidentes, é recomendado instalar o apiário no entorno da cidade com mais de 500 metros de distância de estradas, casas ou criações de animais, garantindo assim a segurança de pessoas e animais próximos. Considerando que a rainha costuma percorrer um raio de até 3 km das imediações durante o voo nupcial (ELLIS *et al.*, 2015), então o apiário de fecundação pode ser montado próximo à zonas urbanas com a distância de segurança mínima recomendada, sem atrapalhar o sucesso de voo das abelhas rainhas a procura de zonas de congregação de zangões.

Além disso, a presença de realeiras e de favos contendo crias de zangões nas colônias também foram diferenciados nos períodos chuvoso e seco. A presença de realeiras foi notada em 108 enxames capturados na época chuvosa e em apenas 40 enxames na estação seca (Figura 22A). Semelhantemente, no período chuvoso foi observado quantidade superior de enxames com favos contendo crias de zangões, totalizando 131 e 44 enxames na estação chuvosa e seca, respectivamente (Figura 22B).

Assim como relatado acima, as condições que foram proporcionadas aos enxames na cidade, entre as quais, alternativas de alimento durante todo o ano, possivelmente tenham sido o principal fator que estimulasse as abelhas a investirem na reprodução mesmo no período seco. Contudo, esse esforço reprodutivo das abelhas africanizadas se deve, em parte, à elevada aptidão para o comportamento enxameatório desse

polihíbrido, motivo pelo qual sua expansão torna-se tão eficaz (SHEPPARD *et al.*, 1991b; PINTO *et al.*, 2005; SPIVAK *et al.*, 2019). Toledo *et al.* (2012) acompanharam a presença e o desempenho da rainha em colônias de várias subespécies de *A. mellifera* e constataram que em colônias dos híbridos africanizados, a presença da rainha, mesmo nova, não inibiu a construção de realeiras, isso tanto em épocas de abundância de alimento como de escassez de recursos. Esse fato também foi verificado por Santos (2015), o qual relatou que as colônias produziram realeiras durante todo o ano, sugerindo ser uma consequência do instinto reprodutivo das abelhas africanizadas.

Na presente pesquisa, a média do número de realeiras e a quantidade de favos com cria de zangão encontradas por colônia em Mossoró-RN, foram maiores no período chuvoso do que no período seco. Os enxames que tinham realeiras apresentavam média de 5,10 unidades por enxame no período chuvoso, enquanto exibiram média de 3,36 realeiras no período seco (Figura 15A). O número de favos contendo cria de zangão por colônia também mostrou maior média na estação chuvosa, com 3,27 favos, do que na estação seca, com média de 1,98 favos (Figura 15B). Essas informações confirmam a tendência dos dados apresentados anteriormente e apontam que os enxames silvestres de abelhas africanizadas que vivem em zona urbana no semiárido de Mossoró-RN, dedicam-se à produção de realeiras e zangões mesmo no período seco, embora invistam com maior intensidade na estação chuvosa, provavelmente devido à necessidade de aproveitar o período de maior abundância dos recursos florais da região (MAIA-SILVA *et al.*, 2012; LIMÃO, 2015).

6.4 Resposta reprodutiva dos enxames às condições climáticas em área urbana no semiárido nordestino

A reprodução de colônias de abelhas africanizadas em zona urbana parece ser bastante influenciada pelas condições do clima no semiárido, dado que foram encontradas correlações das variáveis reprodutivas dos enxames com diversos fatores climatológicos.

A precipitação pluviométrica da região correlacionou-se positivamente com a presença de realeiras, de zangões e de cria de zangões nas colônias (Figuras 26A, 28A e 29A). Embora não se tenha registrado correlações entre a incidência de enxames e a ocorrência das chuvas, já que o pico de enxameação na região inicia-se somente no final

do período chuvoso (Figuras 24A), a dedicação antecipada na produção de realeiras e zangões parece ser instigada pela vinda do período de pluviosidade, o que indica ser o começo do ciclo reprodutivo anual das colônias. Assim, a produção de realeiras e zangões é um dos primeiros fatores de investimento energético das abelhas africanizadas no início deste ciclo, até mesmo antes da época da florada nativa e do crescimento dos enxames.

Da mesma forma, os períodos de enxameação de abelhas africanizadas nas cidades de São Paulo-SP (MELLO *et al.*, 2003), Salvador-BA (SANDES-JÚNIOR, 2007) e na região Metropolitana de Aracaju-SE (NASCIMENTO, 2019), coincidem com o período de menor precipitação pluviométrica dessas regiões.

Por outro lado, no presente estudo foi encontrada uma correlação negativa forte entre a temperatura do ar e a ocorrência de enxames na cidade de Mossoró-RN (Figura 24B). Além disso, o aumento da temperatura ambiente também afetou negativamente a presença e a quantidade de realeiras nas colônias, bem como a existência de zangões, de favos contendo cria de zangões e a média do número de favos com cria de zangões por colônia (Figuras 26B, 27B, 28B, 29B e 30B). Estas informações indicam um provável comportamento justificado pelo fato das abelhas africanizadas, no local do estudo, sofrerem pressões devido às condições hostis do clima, contudo, pesquisas realizadas em outras regiões mostraram tendência oposta.

Mello *et al.* (2003), Oliveira (2007) e Resende *et al.* (2013) relataram que no município de São Paulo-SP, as abelhas africanizadas desenvolvem maior atividade reprodutiva nos meses do ano que registram temperaturas mais altas. Estes autores encontraram correlações positivas entre a temperatura do ar e o número de ocorrências de enxames na cidade. Equivalente com esses relatos, outros pesquisadores observaram a ocorrência desse mesmo fenômeno em Salvador-BA (SANDES-JÚNIOR, 2007) e Aracaju-SE (NASCIMENTO, 2019).

Vale ressaltar que variadas descrições sobre os impactos positivos da temperatura ambiente sobre a atividade forrageira de abelhas têm sido notadas (VICENS & BOSCH, 2000; ALVES *et al.*, 2015; DE MATTOS *et al.*, 2018). Mello *et al.* (2003) afirmam que nos períodos do ano em que a temperatura média é alta, as abelhas estão mais ativas em busca de alimento e essas condições são propícias ao processo de reprodução dos enxames. Brandeburgo (1986) chegou à mesma conclusão, ao correlacionar

positivamente a temperatura do ambiente com o número de abelhas campeiras, o que caracterizou uma maior atividade das colônias.

Ao contrário do que divulga as pesquisas relatadas acima, em que mostram impactos positivos da temperatura ambiente sobre os enxames, não há relação semelhante em região semiárida do nordeste brasileiro. Isso porque essa área está situada em zona de baixa latitude e, portanto, encontram-se muito próxima à linha do equador, o que significa dizer que recebe uma quantidade mais intensa de raios solares ao longo do ano. Como consequência, suas temperaturas são mais elevadas. Assim, as altas temperaturas, aliadas à intensa radiação solar, são frequentemente apontadas como o principal fator limitante para o equilíbrio térmico das colônias nesta região (ALMEIDA, 2008; DOMINGOS & GONÇALVES, 2014; DOMINGOS *et al.*, 2018). Diante disso, os resultados de maior investimento reprodutivo e de dispersão encontrados no período do ano cuja temperatura do ar estão com valores mais baixos (Figuras 24B, 26B, 27B, 28B, 29B e 30B), são achados que podem ser explicados em função das limitações térmicas enfrentadas pelas abelhas. Isso revela uma possível adaptação ecológica dos enxames silvestres às condições climáticas do semiárido brasileiro, indicando ajustes comportamentais das abelhas africanizadas às elevadas temperaturas desta região.

No período de maiores índices de radiação solar, a presença e quantidade de realeiras nas colônias diminuiu (Figuras 26D e 27D), assim como a presença de zangões, de favos contendo cria de zangões e a média do número de favos com cria de zangões por colônia (Figuras 28D, 29D e 30D).

Os altos índices de radiação solar da região semiárida brasileira têm dificultado a homeostase térmica no interior das colônias de abelhas africanizadas, assim como a fisiologia individual destes insetos (DOMINGOS & GONÇALVES, 2014; SANTOS *et al.*, 2017; DOMINGOS *et al.*, 2018), contribuindo para o abandono das colmeias nesta região (GONÇALVES, 2004; LOPES *et al.*, 2011; SOMBRA, 2013; PEREIRA *et al.*, 2014; CASTILHOS *et al.*, 2016).

Apesar de relatos de que as abelhas *A. mellifera* são mais ativas em radiação solar superior a 300w/m^2 (VICENS & BOSCH, 2000; MOURA & PEGORARO, 2006; POLATTO *et al.*, 2014; DE MATTOS *et al.*, 2018), suas colônias sofrem diversos distúrbios internos quando os índices de radiação giram em torno de 700w/m^2 (DOMINGOS *et al.*, 2018), como normalmente ocorre no clima semiárido brasileiro.

Para uma melhor compreensão de como a radiação solar oscilou ao longo do dia e do ano durante este estudo, os meses foram agrupados em dois períodos. O primeiro corresponde aos meses de fevereiro a julho, quando os níveis de radiação foram mais baixos, e o segundo período corresponde aos meses de agosto a janeiro do ano seguinte, quando houve aumento dos níveis de radiação. Como demonstrado na Figura 33, há uma variação da radiação solar ao longo do dia, com picos maiores entre 11 e 13 horas. Nestes horários, a radiação solar pode ultrapassar 1.000w/m^2 , como foi também demonstrado por Silva *et al.* (2010), semelhantemente aos resultados obtidos neste trabalho.

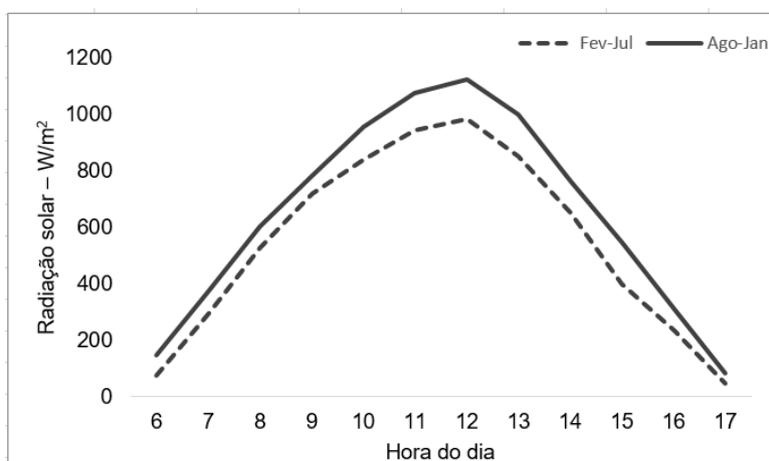


Figura 33. Perfil do índice de radiação solar (w/m^2) ao longo do dia no período de fevereiro à julho e de agosto à janeiro em região semiárida do nordeste brasileiro, Mossoró-RN, Brasil. Dados da Estação Meteorológica do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS-RN).

O aumento desta variável meteorológica contribuiu para a diminuição na quantidade de realeiras nas colônias. Paralelo a isto, Santos (2015) observou que proteger as colônias recrias da radiação solar direta aumenta em 20% a aceitação de larvas introduzidas para produção artificial de rainhas, assim como há uma melhora significativa no peso corporal das rainhas emergentes.

Como o desenvolvimento adequado das crias são extremamente dependentes do controle da temperatura do ninho (BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003), é possível que o maior investimento das abelhas na criação de rainhas e zangões no período de menor radiação (Figuras 26D, 27D, 28D, 29D e 30D) seja uma estratégia evolutiva dos enxames silvestres localizados na Caatinga para escaparem de maiores riscos de enfrentarem desequilíbrios térmicos na área de cria da colônia, garantindo assim um bom desenvolvimento aos seus descendentes. Dessa forma, os enxames

diminuem as chances de terem o descontrole térmico das colônias, o que seria extremamente prejudicial à cria, pois poderia causar anomalias no desenvolvimento, tais como asas e pernas encolhidas e mal formações do abdômen (STABENTHEINER *et al.*, 2010), além de sofrerem de insuficiência neural e comportamental quando adultos (TAUTZ *et al.*, 2003; GROH *et al.*, 2004; JONES *et al.*, 2005; BECHER *et al.*, 2009).

Curiosamente, a presença de realeiras, de zangões e de favos contendo cria de zangões nas colônias, foram mais altos nos períodos de maior umidade relativa do ar na localidade, mostrando correlações positivas fortes entre estas variáveis (Figuras 26C, 28C e 29C). Provavelmente o registro dessas correlações entre a criação de rainhas e zangões e o período de maior umidade, sejam reflexo do investimento energético das abelhas no ciclo reprodutivo, o qual parece ser desencadeado com o início das chuvas, como abordado anteriormente. Esse período é mais úmido em consequência, principalmente, dos maiores índices de precipitação pluviométrica que em geral ocorrem a partir de janeiro até junho.

Outra possibilidade é de que as abelhas estejam se preparando antecipadamente para a reprodução devido esta ser uma atividade interna, ou seja, restrita ao interior da colônia, tendo em vista que nos momentos de maior umidade relativa do ar, geralmente todas as funções das abelhas que são realizadas externamente às colônias acabam sendo reduzidas.

Reddy *et al.* (2015) observaram uma intensa diminuição do comportamento de coleta de pólen por *A. cerana* quando a umidade aumentou na Índia tropical. Estes autores também afirmam que a precipitação está intimamente relacionada à maior umidade e que a cobertura de nuvens tende a apresentar uma pressão negativa sobre a atividade de voo o que, conseqüentemente, afeta o forrageamento.

Alves *et al.* (2015) notaram que a tarefa forrageira mais intensa das abelhas africanizadas acontecia quando a umidade relativa era baixa (em torno de 45%) e registraram uma diminuição do forrageamento com o aumento da umidade, sendo que as atividades externas eram cessadas quando a umidade estava acima de 81%. Outros pesquisadores também encontraram correlações negativas entre a umidade do ar e o forrageamento das abelhas (POLATTO *et al.*, 2014; DE MATTOS *et al.*, 2018). Sugere-se que altos níveis de umidade ambiental podem afetar a concentração de açúcar no néctar, bem como as propriedades físicas do pólen (SILVA *et al.*, 2013; ALVES *et al.*, 2015), dificultando a coleta pelas abelhas campeiras, o que justifica a redução destas

atividades externas sob umidade relativa elevada. Além disso, a umidade do ar alta é capaz de afetar o comportamento de defesa das abelhas, reduzindo o número de guardiãs que atuam na defensividade do enxame (BRANDEBURGO, 1986).

A velocidade do vento da região estudada também parece ter afetado a reprodução dos enxames, visto que correlações negativas foram encontradas entre esta variável quando comparada com a presença e quantidade de realeiras nas colônias (Figuras 26E e 27E), da mesma forma que foi registrado para a ocorrência de zangões, de favos contendo cria de zangões e para média do número de favos com cria de zangões por enxame (Figuras 28E, 29E e 30E).

Oliveira *et al.* (2012) avaliaram a influência da velocidade do vento na atividade de voo de jandaira (*Melipona subnitida*) e concluíram que esta variável não alterou as coletas de pólen, resina, néctar e água, atuando apenas como compensador dos demais fatores analisados (temperatura, umidade e radiação), tanto no período chuvoso quanto seco da Caatinga, região onde foi realizada esta pesquisa. O tamanho da abelha deve ser importante em seu deslocamento contra o vento, pois abelhas maiores podem controlar melhor seus movimentos (HILÁRIO *et al.*, 2007). Assim, o limiar superior de velocidade de vento para o gênero *Bombus* é mais alto do que para *Apis*, e esta, por sua vez, tem o limiar maior que para as pequenas abelhas sem ferrão. *Apis* e *Bombus* são capazes de compensar com maior eficiência o vento lateral durante o voo (RILEY *et al.* 1999, 2003), mas é impossível voar contra o vento cuja velocidade exceda o limiar de voo do inseto (MIKKOLA, 1986).

Roubik (1989) relatou que abelhas de grande porte mantinham-se próximas ao solo quando forrageavam sob condições adversas de vento, enquanto as pequenas abelhas sem ferrão aderem-se às inflorescências, reiniciando o voo apenas quando as rajadas de vento diminuem. Isso explica-se pela ação do arrasto (fenômeno de atrito do vento com as superfícies), em que a velocidade média do vento é menor próximo ao solo e, aumenta à medida que afasta-se deste (SILVA, 2008).

O vento, mesmo em temperaturas e intensidade de luz favoráveis, pode interromper a atividade de forrageamento de *A. mellifera* (VICENS & BOSCH, 2000), mas no presente estudo, embora se tenha notado ventos acima de 100 m/s, acredita-se que os ventos habituais da região, registrados com velocidade média de até 6 m/s em meses do fim do ano, não devem ter prejudicado a atividade de voo das abelhas operárias a procura de recursos, dado que estes insetos conseguem voar em limiares de

velocidade do vento situados entre 4,5 m/s e 9,4 m/s (ROUBIK, 1989) e preferem visitar fontes de alimento localizadas em alturas na faixa entre 0 e 5 metros (MORETI & MARCHINI, 1998), onde a velocidade do vento se mantém menor.

A redução da investidura na produção de rainhas e zangões, registrado nesta pesquisa, pode ter ocorrido porque os enxames possivelmente presumem que no período de maior velocidade do vento, o sucesso de fecundação das rainhas é reduzido, considerando que a velocidade média do vento aumenta à medida que se afasta da superfície (SILVA, 2008) e que as rainhas virgens, ainda jovens (aproximadamente 7 dias de vida) e inexperientes em atividades externas à colônia, precisam realizar o voo nupcial para fecundação (WINSTON, 1987; KOENIGER & KOENIGER, 2007). Assim, pode-se sugerir que no período de altas velocidades do vento, os enxames teriam sua eficiência reprodutiva afetada, porque as rainhas precisam encontrar áreas de congregação de zangões localizadas à até 40 metros acima do solo (SCHLÜNS *et al.*, 2005; ELLIS *et al.*, 2015) onde a velocidade do vento é muito alta, superando o limiar de voo do inseto, podendo dessa forma, até distanciar a rainha para longas distâncias e impedir seu retorno para a colônia.



**CONCLUSÕES
E
CONSIDERAÇÕES FINAIS**



7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos no presente trabalho, concluímos que as abelhas africanizadas são sensíveis ao clima da Caatinga e encontram um refúgio nas cidades do Semiárido brasileiro, obtendo melhores condições de sobrevivência, com bastante oferta e diversidade de locais de nidificação, árvores exóticas com copa densa, além de disponibilidade de alimento. Essas condições nas cidades proporcionam oportunidades para as abelhas investirem no desenvolvimento das colônias e na enxameação reprodutiva. Em Mossoró-RN registramos, de abril de 2015 a março de 2018, solicitações de capturas de enxames pelos munícipes ao longo de todos esses anos, sendo que a maior frequência de solicitações ocorreu entre os meses de abril e setembro, quando há aumento médio de 250% em relação ao período de menor incidência de enxames (de outubro a março). Essa época de maior quantidade de enxameações coincide com o período do ano em que também há maior disponibilidade de flores na região e quando a média de temperatura ambiental está amena. Os enxames foram registrados em uma enorme quantidade de estruturas e a maioria foram encontrados em locais abertos (expostos) por toda a extensão da área urbana do município. No entanto, concluímos que as maiores ocorrências foram na região centralizada da zona urbana devido ao fato que a maioria das árvores não são caducifólias, mantendo as folhas e a copa perene fornecendo sombra para os enxames, como mangueiras, castanheiras, figueiras e nim indiano, espécies exóticas que fornecem boas condições para a instalação dos enxames.

Concluímos também que o padrão de distribuição dos enxames de abelhas africanizadas observados em Mossoró-RN não mudou ao longo dos meses do ano, nem ao compararmos o período de chuvas com o período de seca. Esse padrão de comportamento enxameatório nestes diferentes cenários pode ser explicado possivelmente devido ao fato dessas ocorrências não serem oriundas de enxames migratórios e sim de enxames reprodutivos de colônias estabelecidas em áreas verdes do município ou originárias de colônias em reprodução em apiários de apicultores próximos à cidade.

Mesmo em zonas urbanas, o investimento reprodutivo dos enxames é bastante influenciado pelas condições climatológicas do semiárido, sendo que a criação de rainhas e de zangões nas colônias é intensificada durante a estação chuvosa e com maior

umidade relativa do ar, embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa nas frequências de enxames entre a época de chuvas e de seca. No entanto, os enxames reduzem o investimento em realeiras e zangões nos períodos de maiores médias de temperatura, radiação solar e velocidade do vento, o que mostra uma adaptação ecológica dos enxames silvestres às condições climáticas da região, indicando ajustes comportamentais das abelhas africanizadas para escaparem das condições hostis do clima semiárido no nordeste brasileiro.

Concluimos também que, embora os enxames sejam generalistas quanto à escolha do local de nidificação, as abelhas africanizadas são mais seletivas e, portanto, apresentam maior grau de exigência quando procuram um sítio para estabelecer sua colônia, optando com maior frequência por ocupar ambientes em cavidades, ao contrário de quando buscam um local provisório apenas para pouso e descanso, que geralmente se aglomeram em qualquer lugar exposto. Os enxames de abelhas africanizadas também mostram preferência por sítios com altura menor que 4 metros, de modo a se protegerem das fortes rajadas de vento, que são mais intensas em alturas maiores, contudo, evitam locais com altura baixa o suficiente para facilitar o ataque por predadores.

Além disso, os enxames demonstram preferência natural por construir seus favos orientados direcionalmente no sentido leste/oeste, podendo-se recomendar que os apicultores usem esta informação como estratégia para capturar enxames, de modo a instalar “caixas isca” com as tiras de cera dispostas neste mesmo sentido que as abelhas preferem, condição que proporcionaria maior atratividade aos enxames. Esta pode ser uma alternativa para aumentar a eficiência de captura de enxames de abelhas africanizadas com intuito de controlar populações desses insetos em zonas urbanas, utilizando o método por “caixas isca”, bem como, interferir positivamente na cadeia apícola produtiva, uma vez que esse conhecimento pode beneficiar os apicultores que povoam seus apiários através de enxames capturados com essa prática, melhorando assim os índices de captura.

A exemplo da cidade de Mossoró-RN, utilizada como modelo de registro e captura de enxames de abelhas africanizadas em áreas urbanas da região semiárida (como é o caso de nosso programa de captura de abelhas “SOS Abelhas” da UFERSA em colaboração com a Corporação de Bombeiros local), os esforços para manter o controle populacional destes insetos nas cidades devem ser concentrados nas áreas mais

urbanizadas, com maior número de edificações, onde normalmente há maior incidência de enxames e, por isso, apresentam maiores riscos de provocarem acidentes. No entanto, os enxames notificados pela população são geralmente pequenos, contendo até 20 mil abelhas, e apresentam comportamento pouco defensivo, o que facilita o trabalho de captura em locais movimentados, como nas áreas avaliadas no presente estudo. Lembramos no entanto que a baixa defensividade das abelhas africanizadas se deva também ao manejo das abelhas com uso adequado de equipamentos apícolas, indumentária e fumaça, que são elementos primordiais para evitar acidentes durante a manipulação dessas abelhas.

Por fim, consideramos que essas informações acerca das particularidades adaptativas e características das abelhas africanizadas (*A. mellifera* L.) em ambiente urbano, esclarece parte da biologia e comportamento enxameatório destes insetos nas cidades do Semiárido brasileiro. Da mesma forma, este conhecimento pode ser utilizado como suporte de base científica e prática, relevante para a elaboração de estratégias eficientes de controle populacional das abelhas africanizadas em zonas urbanas, sendo, por isso, extremamente úteis para instituições, universidades, corporações de bombeiros, empresas ou mesmo apicultores que pretendem atuar na atividade preventiva de acidentes com abelhas ou na coleta de enxames de abelhas para exploração apícola, atendendo essa crescente demanda por captura de enxames nas cidades brasileiras, em especial, nas regiões semiáridas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADNAN, K. M. A review on Respiratory allergy caused by insects. **Bioinformation**, v. 14, n. 9, p. 540, 2018.

AIZEN, M. A. & HARDER, L. D. Expanding the limits of the pollen- limitation concept: effects of pollen quantity and quality. **Ecology**, v. 88, n. 2, p. 271-281, 2007.

AIZEN, M. A.; GARIBALDI, L. A.; CUNNINGHAM, S. A. & KLEIN, A. M. How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. **Annals of Botany**, v. 103, n. 9, p. 1579-1588, 2009.

AKDUR, O.; CAN, S. & AFACAN, G. Rhabdomyolysis secondary to bee sting. **Case reports in emergency medicine**, v. 2013, p. 1-2, 2013.

ALMEIDA, G. F. **Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas**. 2008. 105 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

ALMEIDA, R. A. M. B.; OLIVO, T. E. T.; MENDES, R. P.; BARRAVIERA, S. R. C. S.; SOUZA, L. R.; MARTINS, J. G.; HASHIMOTO, M.; FABRIS, V. E.; JUNIOR, R. S. F. & BARRAVIERA, B. Africanized honeybee stings: how to treat them? **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 755-761, 2011.

ALQARNI, A. S.; HANNAN, M. A.; OWAYSS, A. A. & ENGEL, M. S. The indigenous honey bees of Saudi Arabia (Hymenoptera, Apidae, *Apis mellifera jemenitica* Ruttner): Their natural history and role in beekeeping. **ZooKeys**, n. 134, p. 83, 2011.

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A. & NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ALVES, L. H. S.; CASSINO, P. C. R. & PREZOTO, F. Effects of abiotic factors on the foraging activity of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 in inflorescences of *Vernonia polyanthes* Less (Asteraceae). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 37, n. 4, p. 405-409, 2015.

AMDAM, G. V.; FENNERN, E.; BAKER, N. & RASCÓN, B. Honeybee associative learning performance and metabolic stress resilience are positively associated. **PLoS One**, v. 5, n. 3, 2010.

ARAÚJO-FILHO, J. A. **Manipulação da vegetação lenhosa da Caatinga para fins pastoris**. Sobral-CE: Embrapa-CNPC, 1992. 18 p.

ARAÚJO-NETO, E. R. **Produção de zangões de abelhas africanizadas *Apis mellifera* L. no semiárido Nordeste do Brasil**. 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.

ARAÚJO, D.; SIQUEIRA, K.; DUARTE, P. & SILVA, N. Comportamento de forrageamento de *Apis mellifera* na melancieira (*Citrullus lanatus*) no município de

Juazeiro, BA. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.9, p.59-67, 2014.

ARIAS, M. C. & SHEPPARD, W. S. Molecular phylogenetics of honey bee subspecies (*Apis mellifera* L.) inferred from mitochondrial DNA sequence. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 5, n. 3, p. 557-566, 1996.

ARIUE, B. K. Multiple Africanized bee stings in a child. **Pediatrics**, v. 94, n. 1, p. 115-117, 1994.

BALD, A. A. **Modelos determinísticos com equações de diferenças de fenômenos biológicos**. 1993. 217 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas-SP, 1993.

BARR, S. E. Allergy to hymenoptera stings--review of the world literature: 1953-1970. **Annals of allergy**, v. 29, n. 2, p. 49-66, 1971.

BARRON, A. B. Death of the bee hive: understanding the failure of an insect society. **Current opinion in insect science**, v. 10, p. 45-50, 2015.

BAUM, K. A.; TCHAKERIAN, M. D.; THOENES, S. C. & COULSON, R. N. Africanized honey bees in urban environments: a spatio-temporal analysis. **Landscape Urban Plan**, v. 85, p. 123-132, 2008.

BECHER, M. A.; SCHARPENBERG, H. & MORITZ, R. F. A. Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). **Journal of Comparative Physiology A**, v.195, n. 7, p. 673-679, 2009.

BEE ALERT. Disponível em: <<http://www.semabelhasemalimento.com.br/beealert>>. Acesso em 12 dezembro de 2019.

BEEKMAN, M.; FATHKE, R. L. & SEELEY, T. D. How does an informed minority of scouts guide a honeybee swarm as it flies to its new home? **Animal Behaviour**, v. 71, n. 1, p. 161-171, 2006.

BERNARDI, S.; COLOMBI, A. & SCIANNA, M. A discrete particle model reproducing collective dynamics of a bee swarm. **Computers in Biology and Medicine**, v. 93, p. 158-174, 2018.

BERNARDI, S.; ESTRADA-RODRIGUEZ, G.; GIMPERLEIN, H. & PAINTER, K. J. Macroscopic descriptions of follower-leader systems. **arXiv preprint arXiv:1908.00284**, 2019.

BETTEN, D. P.; RICHARDSON, W. H.; TONG, T. C. & CLARK, R. F. Massive honey bee envenomation-induced rhabdomyolysis in an adolescent. **Pediatrics**, v. 117, n. 1, p. 231-235, 2006.

BIESMEIJER, J. C.; ROBERTS, S. P. M.; REEMER, M.; OHLEMÜLLER, R.; EDWARDS, M.; PEETERS, T.; SCHAFFERS, A. P.; POTTS, S. G.; KLEUKERS, R.; THOMAS, C. D.; SETTELE, J. & KUNIN W. E. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. **Science**, v. 313, n. 5785, p. 351-354, 2006.

BOAVENTURA, M. C. Sazonalidade e atratividade de diferentes produtos na captura de enxames de *Apis mellifera* em área de cerrado e mata ciliar no jardim botânico de Brasília. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., 2000. Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 2000. p. 349.

BOMFIM, I. G. A.; BEZERRA, A. D. D. M.; NUNES, A. C.; FREITAS, B. M. & ARAGÃO, F. A. S. D. Pollination requirements of seeded and seedless mini watermelon varieties cultivated under protected environment. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 1, p. 44-53, 2015.

BONABEAU, E.; THERAULAZ, G.; DENEUBOURG, J. L.; ARON, S. & CAMAZINE, S. Self-organization in social insects. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 12, n. 5, p. 188-193, 1997.

BONOAN, R. E.; GOLDMAN, R. R.; WONG, P. Y. & STARKS, P. T. Vasculature of the hive: heat dissipation in the honey bee (*Apis mellifera*) hive. **Naturwissenschaften**, v. 101, n. 6, p. 459-465, 2014.

BOZ, C.; VELIOGLU, S. & OZMENOGLU, M. Acute disseminated encephalomyelitis after bee sting. **Neurological Sciences**, v. 23, n. 6, p. 313-315, 2003.

BRANDEBURGO, M. A. M. **Comportamento de defesa (agressividade) e aprendizagem de abelhas africanizadas: análise e correlação entre variáveis biológicas e climáticas, herdabilidade e observações em colônias irmãs**. 1986. 156 f. Tese (Doutorado em Genética) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo - USP, Ribeirão Preto, 1986.

BRANDEBURGO, M. A. M. & GONÇALVES, L. S. A influência de fatores ambientais no desenvolvimento de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 4, p. 1035-1038, 1989.

BRASIL – MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Dados da Situação Epidemiológica com abelhas no Brasil**. Portal da Saúde (online), 2016. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/leia-mais-o-ministerio/1013-secretaria-svs/vigilancia-de-a-a-z/animais-peconhentos-abelha/12-animais-peconhentos-abelha/13672-situacao-epidemiologica-dados>. Acesso em 09 de fevereiro de 2016.

BREED, M. D.; GUZMÁN-NOVOA, E. & HUNT, G. J. Defensive behavior of honey bees: Organization, genetics and comparisons with other bees. **Annual Review of Entomology**, v. 49, p. 271-298, 2004.

BRESOLIN, N. L.; CARVALHO, F. C.; GOES, J. C.; FERNANDES, V. & BAROTTO, A. M. Acute renal failure following massive attack by Africanized bee stings. **Pediatric nephrology**, v. 17, n. 8, p. 625-627, 2002.

BRITTON, N. F.; FRANKS, N. R.; PRATT, S. C. & SEELEY, T. D. Deciding on a new home: how do honeybees agree? **Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 269, n. 1498, p. 1383-1388, 2002.

- BROWN, M. J. F & PAXTON, R. J. The conservation of bees: a global perspective. **Apidologie**, v. 40, n. 3, p. 410-416, 2009.
- BRUMLIK, J. Myasthenia gravis associated with wasp sting. **JAMA**, v. 235, n. 19, p. 2120-2121, 1976.
- BRUTSCHER, L.; BAER, B. & NIÑO, E. Putative drone copulation factors regulating honey bee (*Apis mellifera*) queen reproduction and health: A review. **Insects**, v. 10, n. 1, p. 8, 2019.
- BUCHMANN, S. L. & NABHAN, G. P. **The forgotten pollinators**. Washington, D.C: Island Press, 2012. 291 p.
- BUJOK, B.; KLEINHENZ, M.; FUCHS, S. & TAUTZ, J. Hot spots in the bee hive. **Naturwissenschaften**, v. 89, n. 7, p. 299-301, 2002.
- CALDERONE, N. W. Insect pollinated crops, insect pollinators and US agriculture: trend analysis of aggregate data for the period 1992–2009. **PloS One**, v. 7, n. 5, p. e37235, 2012.
- CAMAZINE, S.; DENEUBOURG, J. L.; FRANKS, N. R.; SNEYD, J.; THERAULAZ, G. & BONABEAU, E. **Self-organization in biological systems**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001. 538 p.
- CAMERON, S. A.; LOZIER, J. D.; STRANGE, J. P.; KOCH, J. B.; CORDES, N.; SOLTER, L. F. & GRISWOLD, T. L. Patterns of widespread decline in North American bumble bees. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 2, p. 662-667, 2011.
- CARDOSO, A. S.; GRAMACHO, K. P.; CASTRO, M. S. Densidade de ninhos e substratos utilizados pelas abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em área de Caatinga, Canudos, Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15., 2004, Natal. **Anais...** Natal, 2004.
- CARMO-FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A. P. **Dados meteorológicos de Mossoró: janeiro de 1898 a dezembro de 1986**. 341 ed. Mossoró: Escola Superior de Agricultura/Fundação Guimarães Duque (Coleção Mossoroense), 1987. 325 p.
- CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & BELCHIOR FILHO, V. Apiculture in Rio Grande do Norte, Brazil: a four-year follow-up survey. **Latin American Journal of Business Management**, v. 7, n. 1, p. 96-106, 2016.
- CASTILHOS, D.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P. & GONÇALVES, L. S. Bee colony losses in Brazil: a 5-year online survey. **Apidologie**, v. 50, n. 3, p. 263-272, 2019a.
- CASTILHOS, D.; DOMBROSKI, J. L.; BERGAMO, G. C.; GRAMACHO, K. P. & GONÇALVES, L. S. Neonicotinoids and fipronil concentrations in honeybees associated with pesticide use in Brazilian agricultural areas. **Apidologie**, v. 50, n. 5, p. 657-668, 2019b.

CAVIGLI, I.; DAUGHENBAUGH, K. F.; MARTIN, M.; LERCH, M.; BANNER, K.; GARCIA, E.; BRUTSCHER, L. M. & FLENNIKEN, M. L. Pathogen prevalence and abundance in honey bee colonies involved in almond pollination. **Apidologie**, v. 47, n. 2, p. 251-266, 2015.

CHAPLIN-KRAMER, R.; DOMBECK, E.; GERBER, J.; KNUTH, K. A.; MUELLER, N. D.; MUELLER, M.; ZIV, G. & KLEIN, A. M. Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1794, 20141799, 2014.

CHAUD-NETTO, J. Abandono de ninho: uma estratégia de sobrevivência das abelhas do gênero *Apis*. In: Encontro Brasileiro sobre Biologia de Abelhas e outros Insetos Sociais. 1992. Rio Claro-Ribeirão Preto, SP. **Naturalia**. p. 101-105, 1992.

CHAUZAT, M. P.; JACQUES, A.; LAURENT, M.; BOUGEARD, S.; HENDRIKX, P.; RIBIÈRE-CHABERT, M. & EPILOBEE Consortium. Risk indicators affecting honeybee colony survival in Europe: one year of surveillance. **Apidologie**, v. 47, n. 3, p. 348-378, 2016.

COLLINS, A. M.; RINDERER, T. E.; HARBO, J. R. & BOLTEN, A. B. Colony defense by Africanized and European honey bees. **Science**, v. 218, n. 4567, p. 72-74, 1982.

COOK, C. N.; DURZI, S.; SCHECKEL, K. J. & BREED, M. D. Larvae influence thermoregulatory fanning behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). **Insectes sociaux**, v. 63, n. 2, p. 271-278, 2016a.

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, 2016b.

CORNMAN, R.S.; TARPY, D.R.; CHEN, Y.; JEFFREYS, L.; LOPEZ, D.; PETTIS, J.S. & EVANS, J.D. Pathogen webs in collapsing honey bee colonies. **PLoS One**, v. 7, n. 8, p. e43562, 2012.

COSENZA, G. W. Estudos dos enxames de migração de abelhas africanas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1972, Florianópolis, Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis: CBA, p. 128-129, 1972.

COX, B. AHB in Puerto Rico. **American Bee Journal**, v. 134, n. 10, p. 668-669, 1994.

CRANE, E. **The world history of beekeeping and honey hunting**. New York: Routledge; 1999.

CRAWLEY, F.; SCHON, F. & BROWN, M. Cerebral infarction: a rare complication of wasp sting. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, v. 66, n. 4, p. 550, 1999.

CRUZ, D. O. & FREITAS, B. M. Diversidade de abelhas visitantes florais e potenciais polinizadores de culturas oleaginosas no Nordeste do Brasil diversity of bee species floral visitors and potential pollinators of oleaginous crops in Northeast of Brazil. **Ambiência**, v. 9, n. 2, p. 411-418, 2013.

DAISLEY, H. Acute haemorrhagic pancreatitis following multiple stings by Africanized bees in Trinidad. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 92, n. 1, p. 71-72, 1998.

DE JONG, D. Africanized bees now preferred by Brazilian beekeepers. **American Bee Journal**, v. 124, p. 116-118, 1984.

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

DE MATTOS, I. M.; SOUZA, J. & SOARES, A. E. E. Analysis of the effects of climate variables on *Apis mellifera* pollen foraging performance. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1301-1308, 2018.

DE SOUZA, D. A.; GRAMACHO, K. P. & CASTAGNINO, G. L. B. Produtividade de mel e comportamento defensivo como índices de melhoramento genético de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.13, n.2, p.550-557, 2012.

DECKER, W. W.; CAMPBELL, R. L.; MANIVANNAN, V.; LUKE, A.; SAUVER, J. L. S.; WEAVER, A.; BELLOLIO, F.; BERGSTRALH, E.; STEAD, L. G. & LI, J. T. C. The etiology and incidence of anaphylaxis in Rochester, Minnesota: a report from the Rochester Epidemiology Project. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 122, n. 6, p. 1161-1165, 2008.

DEGRANDI-HOFFMAN, G.; GRAHAM, H.; AHUMADA, F.; SMART, M. & ZIOLKOWSKI, N. The Economics of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Management and Overwintering Strategies for Colonies Used to Pollinate Almonds. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 6, p. 2524-2533, 2019.

DEMAIN, J. G.; MINAEI, A. A. & TRACY, J. M. Anaphylaxis and insect allergy. **Current Opinion in Allergy and Clinical Immunology**, v. 10, n. 4, p. 318-322, 2010.

DINIZ, N. M. & SOARES, A. E. E. Programa de prevenção de acidentes com abelhas africanizadas em zonas rurais e urbanas de Brasil. **Avances em Apicultura**, v. 3, n. 1, p.11-12, 1990.

DINIZ, N. M.; SOARES, A. E. E. & PECCI, V. B. Africanized honey bee control program in Ribeirão Preto city, São Paulo, Brazil. **American Bee Journal**, v. 134, p. 746-748, 1994.

DOMINGOS, H. G. T. & GONÇALVES, L. S. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 3, p. 150-154, 2014.

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, p. 28-35, 2018.

DOOLITTLE, G. M. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v. 39, n. 28, p. 435-436, 1899.

DOUGLAS, M. R. & TOOKER, J. F. Large-scale deployment of seed treatments has driven rapid increase in use of neonicotinoid insecticides and preemptive pest management in US field crops. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 8, p. 5088-5097, 2015.

DYER, F. C. The biology of the dance language. **Annual review of entomology**, v. 47, n. 1, p. 917-949, 2002.

ECKHOLM, B. J., ANDERSON, K. E., WEISS, M. & DEGRANDI-HOFFMAN, G. Intracolony genetic diversity in honeybee (*Apis mellifera*) colonies increases pollen foraging efficiency. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 65, n. 5, p. 1037-1044, 2011.

ELLIS, J. D.; EVANS, J. D. & PETTIS, J. Colony losses, managed colony population decline, and Colony Collapse Disorder in the United States. **Journal of Apicultural Research**, v. 49, n. 1, p. 134-136, 2010.

ELLIS, J. D.; LAWRENCE, J. C.; KOENIGER, N. & KOENIGER, G. **Mating Biology of Honey Bees (*Apis mellifera*)**. Wicwas Press: Kalamazoo, MI, USA, 2015.

EWAN, P. W. Anaphylaxis. **BMJ**, v. 316, p. 1442-1445, 1998.

FAHRENHOLZ, L.; LAMPRECHT, I. & SCHRICKER, B. Calorimetric investigations of different castes of honey bees, *Apis mellifera carnica*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 162, n. 2, p. 119-130, 1992.

FAITA, M. R.; CARVALHO, R. M. M. C.; ALVES-JUNIOR, V. V. & CHAUDNETO, J. Defensive behavior of africanized honeybees (Hymenoptera: Apidae) in Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. **Revista Colombiana de Entomología**, v.40, n.2, p.235-240, 2014.

FAO – Food and Agriculture Organization. **‘Climatesmart’ agriculture, policies, practices and finances for food security, adaptation and mitigation**. FAO, Rome, 2010.

FERNANDES, N. S.; SILVA, F. A. N.; ARAGÃO, F. A. S.; ZOCCOLO, G. J. & FREITAS, B. M. Volatile Organic Compounds Role in Selective Pollinator Visits to Commercial Melon Types. **Journal of Agricultural Science**, V. 11, n. 3, p. 93-108, 2019.

FERREIRA-JÚNIOR, R. S.; SCIANI, J. M.; MARQUES-PORTO, R.; LOURENÇO, A. J.; ORSI, R. O.; BARRAVIERA, B. & PIMENTA, D. C. Africanized honeybee (*Apis mellifera*) venom profiling: seasonal variation of melittin and phospholipase A2 levels. **Toxicon**, v. 56, p. 355-362, 2010.

FERREIRA-JÚNIOR, R. S.; ALMEIDA, R. A. M. B.; BARRAVIERA, S. R. C. S. & BARRAVIERA, B. Historical perspective and human consequences of Africanized bee stings in the Americas. **Journal of Toxicology and Environmental Health B**, v. 15, p. 97-108, 2012.

FIDALGO, J. **Mossoró**. Revista Eletrônica Folha online. Disponível no link: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/turismo/americanosul/brasil-mossoro.shtml>. Acesso em 15 de agosto de 2015.

FITZGERALD, K. T. & FLOOD, A. A. Hymenoptera stings. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 21, n. 4, p. 194-204, 2006.

FOSS, R. A self organising network model of information gathering by the honey bee swarm. **Kybernetes**, v. 44, n. 3, p. 353-367, 2015.

FRANCK, P.; GARNERY, L.; SOLIGNAC, M. & CORNUET, J. M. Molecular confirmation of a fourth lineage in honeybees from the Near East. **Apidologie**, v. 31, n. 2, p. 167-180, 2000.

FRANCK, P.; GARNERY, L.; LOISEAU, A.; OLDROYD, B. P.; HEPBURN, H. R.; SOLIGNAC, M. & CORNUET, J. M. Genetic diversity of the honeybee in Africa: microsatellite and mitochondrial data. **Heredity**, v. 86, n. 4, p. 420, 2001.

FRANKS, N. R. & DORNHAUS, A. How might individual honeybees measure massive volumes? **Proceedings of the Royal Society of London B, Biological Sciences**, v. 270, n. 2, p. 181-182, 2003.

FREITAS, B. M. & PAXTON, R. J. A comparison of two pollinators: the introduced honey bee *Apis mellifera* and an indigenous bee *Centris tarsata* on cashew *Anacardium occidentale* in its native range of NE Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 1, p. 109-121, 1998.

FREITAS, B. M. & SOUSA, R. M. & BOMFIM, G. A. *Absconding and migratory behaviors of feral africanized honey bee (Apis mellifera L.) colonies in NE Brazil*. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 381-385, 2007.

FREITAS, B. M.; PACHECO FILHO, A. J.; ANDRADE, P. B.; LEMOS, C. Q.; ROCHA, E. M. E.; PEREIRA, N. O.; BEZERRA, A. D. M.; NOGUEIRA, D. S.; ALENCAR, R. L.; ROCHA, R. F. & MENDONÇA, K. S. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. **Journal of Pollination Ecology**, v. 12, 2014.

GALINDO-CARDONA, A. **Male behavior and hybridization of Africanized and European bees**. 2010. 114 f. Thesis (Biology Intercampus Graduate Program) – Department of Biology, Faculty of Natural Science, University of Puerto Rico, Rio Piedras, Puerto Rico, 2010.

GALINDO-CARDONA, A.; ACEVEDO-GONZALEZ, J. P.; RIVERA-MARCHAND, B. & GIRAY, T. Genetic structure of the gentle Africanized honey bee population (gAHB) in Puerto Rico. **BMC genetics**, v. 14, n. 1, p. 65, 2013.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J. & VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GARIBALDI, L. A., AIZEN, M. A., KLEIN, A. M., CUNNINGHAM, S. A. & HARDER, L. D. Global growth and stability of agricultural yield decrease with

pollinator dependence. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. 14, p. 5909-5914, 2011.

GARIBALDI, L. A.; STEFFAN-DEWENTER, I.; WINFREE, R.; AIZEN, M. A.; BOMMARCO, R.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; CARVALHEIRO, L. G.; HARDER, L. D.; AFIK, O.; BARTOMEUS, I.; BENJAMIN, F.; BOREUX, V.; CARIVEAU, D.; CHACOFF, N. P.; DUDENHÖFFER, J. H.; FREITAS, B. M.; GHAZOUL, J. *et al.* Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. **Science**, v. 339, n. 6127, p. 1608-1611, 2013.

GARNERY, L.; CORNUET, J. M. & SOLIGNAC, M. Evolutionary history of the honey bee *Apis mellifera* inferred from mitochondrial DNA analysis. **Molecular ecology**, v. 1, n. 3, p. 145-154, 1992.

GARNERY, L.; SOLIGNAC, M.; CELEBRANO, G. & CORNUET, J. M. A simple test using restricted PCR-amplified mitochondrial DNA to study the genetic structure of *Apis mellifera* L. **Experientia**, v. 49, n. 11, p. 1016-1021, 1993.

GARRATT, M. P.; BREEZE, T. D.; JENNER, N.; POLCE, C.; BIESMEIJER, J. C. & POTTS, S. G. Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 184, p. 34-40, 2014.

GETZ, W. M.; BRÜCKNER, D. & PARISIAN, T. R. Kin structure and the swarming behavior of the honey bee *Apis mellifera*. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 10, n. 4, p. 265-270, 1982.

GIANNINI, T. C.; CORDEIRO, G. D.; FREITAS, B. M.; SARAIVA, A. M. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. **Journal of economic entomology**, v. 108, n. 3, p. 849-857, 2015.

GIL-LEBRERO, S.; QUILES-LATORRE, F.; ORTIZ-LÓPEZ, M.; SÁNCHEZ-RUIZ, V.; GÁMIZ-LÓPEZ, V. & LUNA-RODRÍGUEZ, J. Honey bee colonies remote monitoring system. **Sensors**, v. 17, n. 1, p. 55, 2017.

GIULIETTI, A. M.; BOCAGE NETA, A. L.; CASTRO, A. A. J. F.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; VIRGÍNIO, J. F.; QUEIROZ, L. P.; FIGUEIREDO, M. A.; RODAL, M. J. N.; BARBOSA, M. R. V. & HARLEY, R. M. **Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga**. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. & LINS, L. V. (Org.). Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 48-90, 2004.

GLENNY, W.; CAVIGLI, I.; DAUGHENBAUGH, K. F.; RADFORD, R.; KEGLEY, S. E.; FLENNIKEN, M. L. Honey bee (*Apis mellifera*) colony health and pathogen composition in migratory beekeeping operations involved in California almond pollination. **PloS One**, v. 12, n. 8, p. e0182814, 2017.

GODDARD, J. **Physician's guide to arthropods of medical importance**. 6 ed. Boca Raton, Florida: CRC press, 2016. 535 p.

GOLDEN, D. B.; MARSH, D. G.; KAGEY-SOBOTKA, A.; FREIDHOFF, L.; SZKLO, M.; VALENTINE, M. D. & LICHTENSTEIN, L. M. Epidemiology of insect venom sensitivity. **Jama**, v. 262, n. 2, p. 240-244, 1989.

GOMES, R. V. R. S.; GRAMACHO, K. P. & GONÇALVES, L. S. Melhoramento genético e qualidade de abelhas rainhas matrizes selecionadas para produção de mel. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 11, p. 206-218, 2019.

GONÇALVES, L. S. **Análise genética do cruzamento entre *Apis mellifera ligustica* e *Apis mellifera adansonii*: Escolha e análise genética de caracteres morfológicos da cabeça e tórax**. 1970. 142 f. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1970.

GONÇALVES, L. S. The introduction of the African bees (*Apis mellifera adansonii*) into Brazil and some comments on their spread in South America. **American Bee Journal**, v.114, n.11, p.414-415, 1974a.

GONÇALVES, L. S. Comments on the aggressiveness of the Africanized bees in Brazil. **American Bee Journal**, v. 114, n. 12, p. 448-450, 1974b.

GONCALVES, L. S. Do the Africanized bees of Brazil only sting? **American Bee Journal**, v. 115, n. 1, p. 8-10, 1975.

GONÇALVES, L. S. **The Big Challenge: Development of beekeeping with Africanized honey bees in Northeast Brazil**. In: Proceedings of the 8th IBRA International Conference on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, SP, Brasil. p. 241-246, 2004.

GONÇALVES, L. S. Meio século de apicultura com abelhas africanizadas no Brasil. **Mensagem Doce**, v. 87, p. 21-26, 2006.

GONÇALVES, L. S. **O uso dos pesticidas sistêmicos no combate às pragas e seus reflexos nas abelhas: campanha de proteção às abelhas e o aplicativo Bee Alert**. In: Libro de Resúmenes del XI Congreso Latinoamericano de Apicultura, FILAPI, 2014. Puerto Iguazu-Misiones, Argentina, 03 a 06 de setembro, 2014, p.15.

GONÇALVES, L. S. & STORT, A. C. Honey bee improvement through behavioral genetics. **Annual Review of Entomology**, v. 31, p. 197-213, 1978.

GONCALVES, L. S.; DE JONG, D. & GRAMACHO, K. P. A Expansão da Apicultura e da Tecnologia Apícola no Nordeste Brasileiro, com Especial Destaque para o Rio Grande do Norte. **Mensagem Doce**, v. 3, n. 105, p. 7-15, 2010.

GONÇALVES, L. S.; DOMINGOS, H. G. T.; SOMBRA, D. S.; BELCHIOR FILHO, V. & GRAMACHO, K. P. The influence of drought of 2012 in beekeeping of Rio Grande do Norte, Brazil In: XXXXIII International Apicultural Congress, 2013, Kyiv. **Anais...** Kyiv: Sodruzhestvo, v. 43, p. 154-155, 2013.

GOULSON, D.; NICHOLLS, E.; BOTÍAS, C. & ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, n. 6229, p. 1255957, 2015.

GREGGERS, U.; SCHÖNING, C.; DEGEN, J. & MENZEL, R. Scouts behave as streakers in honeybee swarms. **Naturwissenschaften**, v. 100, n. 8, p. 805-809, 2013.

GROH, C.; TAUTZ, J. & ROESSLER, W. Synaptic organization in the adult honeybee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 101, n. 12, p. 4268-4273, 2004.

GROZINGER, C. M.; RICHARDS, J. & MATTILA, H. R. From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (*Apis* spp.). **Apidologie**, v. 45, n. 3, p. 327-346, 2014.

GUY, R. D. Commercial beekeeping with African bees. **Bee World**, v. 53, n. 1, p. 14-22, 1972.

HALL, D. M. & STEINER, R. Insect pollinator conservation policy innovations: Lessons for lawmakers. **Environmental Science & Policy**, v. 93, p. 118-128, 2019.

HAMILTON, W. D. The genetical evolution of social behaviour. II. **Journal of Theoretical Biology**, v.7, n. 1, p.17-52, 1964.

HARPUR, B. A.; CHAPMAN, N. C.; KRIMUS, L.; MACIUKIEWICZ, P.; SANDHU, V.; SOOD, K.; LIM, J.; RINDERER, T. E.; ALLSOPP, M. H.; OLDROYD, B. P. & ZAYED, A. Assessing patterns of admixture and ancestry in Canadian honey bees. **Insectes sociaux**, v. 62, n. 4, p. 479-489, 2015.

HARRISON, J. F. & HALL, H. African-European honeybee hybrids have low nonintermediate metabolic capacities. **Nature**, v. 363, n. 6426, p. 258, 1993.

HARRISON, J. F.; FEWELL, J. H.; ANDERSON, K. E. & LOPER, G. M. Environmental physiology of the invasion of the Americas by Africanized honeybees. **Integrative and Comparative Biology**, v. 46, n. 6, p. 1110-1122, 2006.

HEPBURN, H. R. & RADLOFF, S. E. **Honeybees of Africa**. Berlin: Springer, 1998. 369 p.

HILÁRIO, S. D.; RIBEIRO, M. F. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Efeito do vento sobre a atividade de vôo de *Plebeia remota* (Holmberg, 1903) (Apidae, Meliponini). **Biota Neotropica**, v. 7, n. 3, p. 225-232, 2007.

HOLANDA-NETO, J. D.; FREITAS, B. M.; BUENO, D. M. & ARAÚJO, Z. D. Low seed/nut productivity in cashew (*Anacardium occidentale*): Effects of self-incompatibility and honey bee (*Apis mellifera*) foraging behaviour. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 77, n. 2, p. 226-231, 2002.

HUGHES, R. L. A fatal case of acute renal failure from envenoming syndrome after massive bee attack: a case report and literature review. **The American Journal of Forensic Medicine and Pathology**, v. 40, n. 1, p. 52-57, 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em 25 de setembro de 2019.

IPBES – Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. In: POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T.; DICKS, L.; GARIBALDI, L.; SETTELE, J.; VANBERGEN, A. J.; AIZEN, M. A.; CUNNINGHAM, S. A.; EARDLEY, C.; FREITAS, B. M.; GALLAI, N.; KEVAN, P. G.; KOVACS-HOSTYANSZKI, A.; KWAPONG, P.; LI, X.; LI, J.; DINO, M.; NATES-PARRA, G.; PETTIS, J.; RADER, R. & VIANA, B. F. (Org.) **Summary for Policymakers of the Assessment Report of the Intergovernmental Science - Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on Pollinators, Pollination and Food Production**. Bonn, Germany, 2016.

JAYCOX, E. R. & PARISE, S. G. Homesite selection by Italian honey bee swarms, *Apis mellifera ligustica* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of the Kansas Entomological Society**, v. 53, n. 1, p. 171-178, 1980.

JANSON, S.; MIDDENDORF, M. & BEEKMAN, M. Honeybee swarms: how do scouts guide a swarm of uninformed bees? **Animal Behaviour**, v. 70, n. 2, p. 349-358, 2005.

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

JONES, J. C.; HELLIWELL, P.; BEEKMAN, M.; MALESZKA, R. & OLDROYD, B. P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honeybee, *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology A**, v.191, n. 12, p. 1121-1129, 2005.

JORNAL O MOSSOROENSE. **Projeto "S.O.S Abelhas" ajuda população na retirada de enxames**. Jornal O Mossoroense, Mossoró, pag. 3, 3 maio de 2015. Disponível no link: <http://omossoroense.uol.com.br/index.php/o-jornal/cotidiano-mobile/66218-projeto-s-o-s-abelhas-ajuda-populacao-na-retirada-de-enxames>. Acesso em: 12 de agosto de 2015.

KAPLAN, J. K. Africanized honey bees in the news again. **Agricultural Research**, v. 54, p. 4-7, 2007.

KARABUS, S. Hypersensitivity to stinging insects: review article. **Current Allergy & Clinical Immunology**, v. 25, n. 3, p. 132-138, 2012.

KASPEREK, K.; PALEOLOG, J.; OLSZEWSKI, K.; BORSUK, G. & STRACHECKA, A. Comparison of the defensive behaviour of *Apis mellifera* L. workers and the aggression of their queen sisters. **Medycyna Weterynaryjna**, v.68, n.10, p.589-593, 2012.

KEFUSS, J. A. & NYE, W. P. The influence of photoperiod on the flight activity of honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 9, n. 3, p. 133-139, 1970.

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

KERR, W. E. & BUENO, D. Natural crossing between *Apis mellifera adansonii* and *Apis mellifera ligustica*. **Evolution**, v. 24, n. 1, p. 145-148, 1970.

KERR, W. E.; GONÇALVES, L. S.; BLOTTA, L. F. & MACIEL, H. B. Biologia comparada entre as abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*), Africana (*Apis mellifera adansonii*) e suas híbridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Confederação Brasileira de Apicultura, 1970. p. 151-185.

KLATT, B. K.; HOLZSCHUH, A.; WESTPHAL, C.; CLOUGH, Y.; SMIT, I.; PAWELZIK, E. & TSCHARNTKE, T. Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1775, p. 20132440, 2014.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, 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.

KLEINHENZ, M.; BUJOK, B.; FUCHS, S. & TAUTZ, J. Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. 23, p. 4217-4231, 2003.

KOENIGER, N. & KOENIGER, G. Mating flight duration of *Apis mellifera* queens: as short as possible, as long as necessary. **Apidologie**, v. 38, n. 6, p. 606-611, 2007.

KONO, Y. & KOHN, J. R. Range and frequency of africanized honey bees in California (USA). **PLoS One**, v. 10, n. 9, p. e0137407, 2015.

KOVAC, H.; KÄFER, H.; STABENTHEINER, A. & COSTA, C. Metabolism and upper thermal limits of *Apis mellifera carnica* and *A. m. ligustica*. **Apidologie**, v. 45, n. 6, p. 664-677, 2014.

KRAFT, M. E. **Environmental policy and politics**. 7 ed. New York: Routledge, 2018. 420 p.

KRAUS, F. B.; NEUMANN, P. & MORITZ, R. F. A. Genetic variance of mating frequency in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Insectes Sociaux**, v. 52, n. 1, p. 1-5, 2005.

KREBS, C. J. **Ecology**. 5 ed. San Francisco: Benjamin Cummings Press, 2001. 695 p.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N. M.; AIZEN, M. A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S. G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VÁZQUEZ, D. P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E. E.; GREENLEAF, S. S.; KEITT, T. H.; KLEIN, A. M.; REGETZ, J. & RICKETTS, T. H. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology letters**, v. 10, n. 4, p. 299-314, 2007.

KRIDI, D. S.; DE CARVALHO, C. G. N. & GOMES, D. G. Application of wireless sensor networks for beehive monitoring and in-hive thermal patterns detection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 127, p. 221-235, 2016.

KRONENBERG, F. & HELLER, C. Colonial Thermoregulation in Honey Bees (*Apis mellifera*). **Journal of Comparative Physiology**, v. 148, n. 1, p. 65-76, 1982.

KULHANEK, K.; STEINHAEUER, N.; RENNICH, K.; CARON, D. M.; SAGILI, R. R.; PETTIS, J. S.; ELLIS, J. D.; WILSON, M. E.; WILKES, J. T.; TARPY, D. R.; ROSE, R.; LEE, K.; RANGEL, J. & VANENGELSDORP, D. A national survey of managed honey bee 2015-2016 annual colony losses in the USA. **Journal of Apicultural Research**, v. 56, n. 4, p. 328-340, 2017.

KUMAR, V., NADA, R., KUMAR, S., RAMACHANDRAN, R., RATHI, M., KOHLI, H. S.; SAKHUJA, V. & JHA, V. Acute kidney injury due to acute cortical necrosis following a single wasp sting. **Renal Failure**, v. 35, n. 1, p. 170-172, 2013.

LAIDLAW, H. H.; PAGE, R. E. Polyandry in honey bees (*Apis mellifera*): sperm utilization and intracolony genetic relationship. **Genetics**, v. 108, n. 4, p.985-997, 1984.

LATTY, T.; DUNCAN, M. & BEEKMAN, M. High bee traffic disrupts transfer of directional information in flying honeybee swarms. **Animal Behaviour**, v. 78, n. 1, p. 117-121, 2009.

LAURENT, M.; HENDRIKX, P.; RIBIERE-CHABERT, M. & CHAUZAT, M. P. **A pan-European epidemiological study on honeybee colony losses 2012–2014**. EPILOBEE Report of European Union Reference Laboratory for honeybee health (EURL), 2015. 44 p.

LAUTENBACH, S.; SEPPELT, R.; LIEBSCHER, J. & DORMANN, C. F. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. **PLoS One**, v. 7, n. 4, p. e35954, 2012.

LAZANEO, V. **Bee Alert: Africanized Honey Bee Facts**. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 8068, p. 2-4, 2002.

LE CONTE, Y.; SRENG, L. & POITOUT, S. H. Brood pheromone can modulate the feeding behaviour of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 4, p. 798-804, 1995.

LIKITTANASOMBUT, P.; WITONPANICH, R. & VIRANUVATTI, K. Encephalomyeloradiculopathy associated with wasp sting. **Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry**, v. 74, n. 1, p. 134-135, 2003.

LIMA, F. T. P.; PEREIRA, D. S. & ARAÚJO, R. R. Atuação do corpo de bombeiros do Ceará em ocorrências envolvendo abelhas africanizadas. **Acta Apícola Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 10-18, 2015.

LIMÃO, A. A. C. **A influência dos fatores bióticos e abióticos no néctar coletado por *Melipona subnitida* (Apidae, Meliponini) na Caatinga**. 2015. 60f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

LINDAUER, M. The water economy and temperature regulation of the honeybee colony. **Bee World**, v. 36, n. 5, p. 81-92, 1955.

LIPINSKI, Z. **Essences and mechanism of nest abandonment by Honeybee Swarms: swarming, absconding, migration and related phenomena**. 4 ed. Olsztyn: Sprecograf, 2019. 312 p.

LOIOLA, M. I. B.; ROQUE, A. A. & OLIVEIRA, A. C. P. Caatinga: Vegetação do semiárido brasileiro. **Revista Ecologia: Artigos de Divulgação**, v. 4, p. 14-19, 2012.

LOPER, G. M., FEWELL, J., SMITH, D. R., SHEPPARD, W. S. & SCHIFF, N. **Genetic changes of a population of feral honey bees in Sonoran desert of southern Arizona following the arrival of *Acarapis woodi*, *Varroa jacobsoni*, and Africanization**. In: HOOPINGARNER, R. & CONNER, L. J. (Eds) *Apiculture for the 21st Century* (pp. 47-51). Cheshire, CT: Wicwas Press, p. 47-51, 1999.

LOPES, M. T. R.; BARBOSA, A. L.; NETO, J. M. V.; PEREIRA, F. M.; CAMARGO, R. C. R.; RIBEIRO, V. Q. & SOUZA, B. A. Alternativas de sombreamento para apiários. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 299-305, 2011.

MACHADO, C. S. & CARVALHO, C. A. L. Abelhas (Hymenoptera: Apoidea) visitantes dos capítulos de girassol no recôncavo baiano. **Ciência Rural**, v. 36, n. 5, p. 1404-1409, 2016.

MAGNUS, R. M.; TRIPODI, A. D. & SZALANSKI, A. L. Mitochondrial DNA diversity of honey bees (*Apis mellifera*) from unmanaged colonies and swarms in the United States. **Biochemical genetics**, v. 52, n. 5-6, p. 245-257, 2014.

MAINI, S.; MEDRZYCKI, P. & PORRINI, C. The puzzle of honey bee losses: a brief review. **Bulletin of Insectology**, v. 63, n. 1, p. 153-160, 2010.

MAIA-SILVA, C.; SILVA, C. I.; HRNCIR, M.; QUEIROZ, R. T.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. **Guia de plantas visitadas por abelhas na Caatinga**. Fortaleza-CE: Editora Fundação Brasil Cidadão, 2012. 191 p.

MAKINSON, J. C. & BEEKMAN, M. Moving without a purpose: an experimental study of swarm guidance in the western honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Experimental Biology**, v. 217, n. 11, p. 2020-2027, 2014.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. & COUTO, L. A. Características das colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.), coletadas de alojamentos naturais em Jaboticabal, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 24, n. 4, p. 863-867, 2002.

MAISONNASSE, A.; ALAUX, C.; BESLAY, D.; CRAUSER, D.; GINES, C.; PLETTNER, E.; & LE CONTE, Y. New insights into honey bee (*Apis mellifera*) pheromone communication. Is the queen mandibular pheromone alone in colony regulation? **Frontiers in Zoology**, v. 7, n. 1, p. 18, 2010.

MANIGLIA, A. A. **Aspectos produtivos e reprodutivos de enxames naturais de *Apis mellifera*, instalados em região de cerrado**. 1994. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Agronomia "Dr. Francisco Maeda", Ituverava, São Paulo, 1994.

- MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A. & LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro.** In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O. & SILVA-PAZ, V. P. (Org.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, p. 383-422, 2011.
- MARTINS, E. A. C.; PIAZZALUNGA, G.; DINIZ, N. M. & LOPES, J. Movimento de enxames de abelhas africanizadas na cidade de Londrina, Paraná. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4., 2000. Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 2000. p. 354.
- MEDEIROS, F. R. F.; SILVEIRA, D. C.; LEITE, D. T.; SAMPAIO, R. B.; LUCAS, C. I. S.; SANTOS, L. O. & MARACAJÁ, P. B. Defensividade de abelhas africanizadas associadas a diferentes temperaturas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 4, p. 107-113, 2013.
- MEDEIROS, P. V. Q.; PEREIRA, D. S.; MARACAJÁ, P. B.; SAKAMOTO, S. M. Produção de abelhas rainha *Apis Mellifera* spp. (africanizadas) no Semiárido cearense, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 5, p. 46-50, 2011.
- MELAMPY, R. M. & WILLIS, E. R. Respiratory metabolism during larval and pupal development of the female honeybee (*Apis mellifera* L.). **Physiological Zoology**, v. 12, n. 3, p. 302-311, 1939.
- MELLO, M. H. S. H.; SILVA, E. A. & NATAL, D. Africanized bees in a metropolitan area of Brazil: shelters and climatic influences. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 2, p. 237-241, 2003.
- MESSAGE, D.; SILVA, I. C.; JONG, D.; SIMOES, Z. L. P. & TEIXEIRA, E. W. CCD (Colony Collapse Disorder) ocorre em abelhas *Apis mellifera* (africanizadas) no Brasil? Um relato de caso. In: X CONGRESSO IBEROLATINOAMERICANO DE APICULTURA, 2010, Natal-RN. *Anais...* Natal: Confederação Brasileira de Apicultura, 2010.
- MIKKOLA, K. **Direction of insect migrations in relation to the wind.** In: DANTHANARAYANA, W. Insect flight. Springer, Berlin, Heidelberg, 1986. p. 152-171.
- MONTEIRO, V. M.; SILVA, C. I.; PACHECO-FILHO, Q. J. S. & FREITAS, B. M. Floral biology and implications for apple pollination in semiarid Northeastern Brazil. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, v. 4, n. 1, p. 42-50, 2015.
- MORAIS, L. S. **Avaliação dos parâmetros espermáticos de zangões de abelhas africanizadas *Apis mellifera* L. no semiárido do Brasil.** 2019. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2019.
- MORETI, A. C. C. C. & MARCHINI, L. C. Altura de voo das abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para coleta de alimentos. **Scientia Agrícola**, v. 55, n. 2, p. 260-264, 1998.

MORSE, R. A.; BURGETT, D. M.; AMBROSE, J. T.; CONNER, W. E. & FELL, R. D. Early introductions of African bees into Europe and the New World. **Bee World**, v. 54, n. 2, p. 57-60, 1973.

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.

MULLIN, C. A.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J. L.; ASHCRAFT, S.; SIMONDS, R.; VANENGELSDORP, D. & PETTIS, J. S. High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. **PloS One**, v. 5, n. 3, p. e9754, 2010.

MUÑOZ-ARIZPE, R.; VALENCIA-ESPINOZA, L.; VELASQUEZ-JONES, L.; ABARCA-FRANCO, C.; GAMBOA-MARRUFO, J. & VALENCIA-MAYORAL, P. Africanized bee stings and pathogenesis of acute renal failure. **Nephron**, v. 61, n. 4, p. 478-478, 1992.

NANDI, M.; SARKAR, S. Acute kidney injury following multiple wasp stings. **Pediatric nephrology**, v. 27, n. 12, p. 2315-2317, 2012.

NASCIMENTO, D. J. **Projeto SOS Abelhas Sergipe: resgate e georreferenciamento de enxames e colônias de abelhas *Apis mellifera* na Grande Aracaju**. 2019. 55 f. Monografia (Graduação em Agroecologia) – Instituto Federal de Sergipe, São Cristóvão/SE, 2019.

NISBET, C.; GÜLER, A. & BIYIK, S. Effects of different environmental conditions on the cognitive function of honeybee (*Apis mellifera* L.) and mineral content of honey. **Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 66, n. 1, p. 95-101, 2019.

NOGUEIRA-COUTO, R. H. & COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193 p.

NOGUEIRA-NETO, P. The spread of a fierce African bee in Brazil. **Bee World**, v. 45, n. 3, p. 119-121, 1964.

O DEDA QUESTÃO. **Quem eliminar enxame de abelha poderá ser multado em R\$ 3 mil**. Blog do Deda, Sorocaba, 7 de junho de 2019. Disponível no link: <https://odedaquestao.com.br/quem-eliminar-enxame-de-abelha-podera-ser-multado-em-r-3-mil/>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2020.

OLDROYD, B. P. What's killing American honey bees? **PLoS Biology**, v. 5, n. 6, p. e168, 2007.

OLIVEIRA, A. M. **Distribuição espacial e temporal de abelhas melíferas africanizadas e vespídeos (Hymenoptera) na cidade de São Paulo**. 2007. 74 f. Dissertação (Mestrado em Epidemiologia) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, F. L. D.; DIAS, V. H. P.; COSTA, E. M. D.; FILGUEIRA, M. A. & ESPÍNOLA-SOBRINHO, J. Influência das variações climáticas na atividade de vôo das

abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (Meliponinae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 3, p. 598-603, 2012.

OLLERTON, J.; WINFREE, R. & TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PACHECO-FILHO, A. J. S.; VEROLA, C. F., VERDE, L. W. L. & FREITAS, B. M. Bee-flower association in the Neotropics: implications to bee conservation and plant pollination. **Apidologie**, v. 46, n. 4, p. 530-541, 2015.

PACÍFICO-DA-SILVA, I.; MELO, M. M. & BLANCO, B. S. Efeitos tóxicos dos praguicidas para abelhas. **Revista brasileira de higiene e sanidade animal**, v. 10, n. 1, p. 142-157, 2016.

PAIVA, C. S. **Produção de abelhas rainha africanizadas (*Apis mellifera* L.) sob o efeito do sol e de área sombreada**. 2011, 40f. Mossoró-RN. Monografia (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2011.

PALMER, M. R.; SMITH, D. R. & KAFTANOGLU, O. Turkish honeybees: genetic variation and evidence for a fourth lineage of *Apis mellifera* mtDNA. **Journal of Heredity**, v. 91, n. 1, p. 42-45, 2000.

PANKIW, T. Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 748-751, 2004a.

PANKIW, T. Cued in: honey bee pheromones as information flow and collective decision-making. **Apidologie**, v. 35, n. 2, p. 217-226, 2004b.

PATEL, D. A.; HOLDFORD, D. A.; EDWARDS, E. & CARROLL, N. V. Estimating the economic burden of food-induced allergic reactions and anaphylaxis in the United States. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 128, n. 1, p. 110-115, 2011.

PERDRIAU, B. S. & MYERSCOUGH, M. R. Making good choices with variable information: a stochastic model for nest-site selection by honeybees. **Biology letters**, v. 3, n. 2, p. 140-143, 2007.

PEREIRA, A. M. & CHAUD-NETTO, J. Africanized honeybees: Biological characteristics, urban nesting behavior and accidents caused in Brazilian cities (Hymenoptera: Apidae). **Sociobiology**, v.46, p. 535-550, 2005.

PEREIRA, D. S.; PAIVA, C. S.; BARBOSA, G. R.; MARACAJÁ, P. B.; LIMA, C. J. Produção de rainhas (*Apis mellifera* L.), e taxa de fecundação natural em quatro municípios do nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 09-16, 2013.

PEREIRA, D. S.; HOLANDA NETO, J. P.; SOUSA, L.; COELHO, D.; SILVEIRA, D. & HERNANDEZ, M. Mitigação do comportamento de abandono de abelhas *Apis mellifera* L. em apiários no Semiárido Brasileiro. **Acta Apicola Brasílica**, v. 2, n. 2, p. 01-11, 2014.

PÉREZ-CASTRO, E. E.; MAY-ITZÁ, W. J. & QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Thirty years after: a survey on the distribution and expansion of africanized honey bees (*Apis mellifera*) in Peru. **Journal of Apicultural Research**, v. 41, n. 3-4, p. 69-73, 2002.

PETZ, M.; STABENTHEINER, A. & CRAILSHEIM, K. Respiration of individual honeybee larvae in relation to age and ambient temperature. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 174, n. 7, p. 511-518, 2004.

PINTO, M. A.; RUBINK, W. L.; COULSON, R. N.; PATTON, J. C. & JOHNSTON, J. S. Temporal pattern of Africanization in a feral honeybee population from Texas inferred from mitochondrial DNA. **Evolution**, v. 58, n. 5, p. 1047-1055, 2004.

PINTO, M.A.; RUBINK, W.L.; PATTON, J.C.; COULSON, R.N. & JOHNSTON, J.S. Africanization in the United States: replacement of feral european honey bees (*Apis mellifera* L.) by an african hybrid swarm. **Genetics**, v. 170, p. 1653-1665, 2005.

PIRES, C. S. S.; PEREIRA, F. D. M.; LOPES, M. T. D. R.; NOCELLI, R. C. F.; MALASPINA, O.; PETTIS, J. S. & TEIXEIRA, É. W. Enfraquecimento e perda de colônias de abelhas no Brasil: há casos de CCD? **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 422-442, 2016.

POLATTO, L. P.; CHAUD-NETTO, J.; ALVES-JUNIOR, V. V. Influence of abiotic factors and floral resource availability on daily foraging activity of bees. **Journal of Insect Behavior**, v. 27, n. 5, p. 593-612, 2014.

PORTAL ACONTECE. **SOS Abelhas**. Revista Acontece RN, Reportagem especial, Mossoró-RN, 28 de agosto de 2018, p. 52-54.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O. & KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

POTTS, S. G.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; NGO, H. T.; AIZEN, M. A.; BIESMEIJER, J. C.; BREEZE, T. D.; DICKS, L. V.; GARIBALDI, L. A.; HILL, R.; SETTELE, J. & VANBERGEN, A. J. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. **Nature**, v. 540, n. 7632, p. 220, 2016.

QUEZADA-EUAN, J. J. G. & MAY-ITZA, W. J. Partial seasonal isolation of African and European-derived *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) drones at congregation areas from subtropical Mexico. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, n. 4, p. 540-544, 2001.

RAIMUNDO, H. D. C.; LIRA, G. A.; MENDONÇA, G. A.; SILVA, M. M. P. Avaliação das ocorrências registradas pelo corpo de bombeiros por migração das abelhas (*Apis mellifera*) na região metropolitana de Natal-RN. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.

RANGEL, J. & SEELEY, T. D. Colony fissioning in honey bees: size and significance of the swarm fraction. **Insectes sociaux**, v. 59, n. 4, p. 453-462, 2012.

RAVOET, J.; MAHARRAMOV, J.; MEEUS, I.; DE SMET, L.; WENSELEERS, T.; SMAGGHE, G. & DE GRAAF, D.C. Comprehensive bee pathogen screening in

Belgium reveals *Crithidia mellificae* as a new contributory factor to winter mortality. **PLoS One**, v. 8, n. 8, p. e72443, 2013.

RAYAMANE, A. P.; KUMAR, M. P.; KISHOR, D. G.; DAYANANDA, R. & SARAF, A. Honey bee stings and anaphylaxis: a review. **Journal of Forensic Medicine, Science and Law**, v. 23, n.1, p. 1–7, 2014.

REDDY, P. V.; RASHIMI, T. & VERGHESE, A. Foraging activity of Indian honey bee, *Apis cerana* in relation to ambient climate variables under tropical conditions. **Journal of Environmental Biology**, v. 36, n. 3, p. 577-581, 2015.

REISMAN, R. E. Unusual reactions to insect stings. **Current opinion in allergy and clinical immunology**, v. 5, n. 4, p. 355-358, 2005.

REZENDE, D. B.; GASPARINI, G. M. & ALMEIDA, M. B. **Levantamento de registros de enxameamento e nidificação de abelhas africanizadas no perímetro urbano do município de São Paulo de 2009 a 2011**. 2013. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas) – Universidade São Camilo, São Paulo, 2013.

RIBEIRO, M. D. F.; SILVA, E. M. S. D.; JÚNIOR, L.; DE OLIVEIRA, I. & KIILL, L. H. P. Honey bees (*Apis mellifera*) visiting flowers of yellow melon (*Cucumis melo*) using different number of hives. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1768-1773, 2015.

RICKETTS, T. H.; REGETZ, J.; STEFFAN- DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; BOGDANSKI, A.; GEMMILL- HERREN, B.; GREENLEAF, S. S.; KLEIN, A. M.; MAYFIELD, M. M.; MORANDIN, L. A.; OCHIENG, A.; VIANA, B. F. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns?. **Ecology letters**, v. 11, n. 5, p. 499-515, 2008.

RILEY, J. R.; REYNOLDS, D. R.; SMITH, A. D.; EDWARDS, A. S.; OSBORNE, J. L.; WILLIAMS, I. H. & MCCARTNEY, H. A. Compensation for wind drift by bumble-bees. **Nature**, v. 400, n. 6740, p. 126-126, 1999.

RILEY, J. R.; GREGGERS, U.; SMITH, A. D.; STACH, S.; REYNOLDS, D. R.; STOLLHOFF, N.; BRANDT, R.; SCHAUPP, F. & MENZEL, R. The automatic pilot of honeybees. **Biological Sciences**, v. 270, n. 1532, p. 2421-2424, 2003.

RINDERER, T. E.; COLLINS, A. M.; BOLTEN, A. B. & HARBO, J. R. Size of nest cavities selected by swarms of Africanized honeybees in Venezuela. **Journal of Apicultural Research**, v. 20, n. 3, p. 160-164, 1981.

RINDERER, T. E.; STELZER, J. A.; OLDROYD, B. P.; BUCO, S. M. & RUBINK, W. L. Hybridization between European and Africanized honey bees in the neotropical Yucatan peninsula. **Science**, v. 253, n. 5017, p. 309-311, 1991.

RITTSCHOF, C. C. & SEELEY, T. D. The buzz-run: how honeybees signal ‘Time to go!’ **Animal Behaviour**, v. 75, n. 1, p. 189-197, 2008.

ROSS, A. T. Peripheral neuritis: allergy to honeybee stings. **Journal of Allergy**, v. 10, n. 4, p. 382-384, 1939.

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

ROUBIK, D. W. & BOREHAM, M. M. Learning to live with Africanized honeybees. **Interciencia**, v. 15, n. 3, p. 146-153, 1990.

RUBINK, W. L.; LUEVANO-MARTINEZ, P.; SUGDEN, E. A.; WILSON, W. T. & COLLINS, A. M. Subtropical *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) swarming dynamics and Africanization rates in northeastern Mexico and southern Texas. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 89, n. 2, p. 243-251, 1996.

RUNDLÖF, M.; ANDERSSON, G. K. S.; BOMMARCO, R.; FRIES, I.; HEDERSTRÖM, V.; HERBERTSSON, L.; JONSSON, O.; KLATT, B. K.; PEDERSEN, T. R.; YOURSTONE, J. & SMITH, H. G. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. **Nature**, v. 521, n. 7550, p. 77, 2015.

RUTTNER, F. **Biogeography and taxonomy of honeybees**. Berlin: Springer Science & Business Media, 1988. 279 p.

SÁ, F. A. & SOUSA, P. H. A. A. Defensividade de abelhas *Apis mellifera* L. africanizadas. **Revista Científica de Medicina Veterinária**, v. 32, p. 1-9, 2019.

SACHDEV, A.; MAHAPATRA, M.; D'CRUZ, S.; KUMAR, A.; SINGH, R. & LEHL, S. S. Wasp sting induced neurological manifestations. **Neurology India**, v. 50, n. 3, p. 319, 2002.

SAKAGAMI, S. F. & FUKUDA, H. Life tables for worker honeybees. **Research Population Ecology**, v. 10, n. 2, p. 127-139, 1968.

SANDES-JÚNIOR, R. L. **Estudo de ocorrências de enxames migratório do gênero *Apis* na cidade do Salvador no período de 2000 a 2004**. Salvador, Bahia, 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal nos Trópicos) - Escola de Medicina Veterinária, Universidade Federal da Bahia, 2007.

SANTOS, A. M. M. & MENDES, E. C. Abelha africanizada (*Apis mellifera* L.) em áreas urbanas no Brasil: necessidade de monitoramento de risco de acidentes. **Revista Sustinere**, v. 4, n. 1, p. 117-143, 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. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

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

SCHIFF, N. M. & SHEPPARD, W. S. Genetic analysis of commercial honey bees (Hymenoptera: Apidae) from the southeastern United States. **Journal of economic entomology**, v. 88, n. 5, p. 1216-1220, 1995.

- SCHIFF, N. M. & SHEPPARD, W. S. Genetic differentiation in the queen breeding population of the western United States. **Apidologie**, v. 27, n. 2, p. 77-86, 1996.
- SCHIFF, N. M., SHEPPARD, W. S., LOPER, G. M. & SHIMANUKI, H. Genetic diversity of feral honey bee (Hymenoptera: Apidae) populations in the southern United States. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 87, n. 6, p. 842-848, 1994.
- SCHLÜNS, H.; MORITZ, R. F.; NEUMANN, P.; KRYGER, P. & KOENIGER, G. Multiple nuptial flights, sperm transfer and the evolution of extreme polyandry in honeybee queens. **Animal Behaviour**, v. 70, n. 1, p. 125-131, 2005.
- SCHNEIDER, S. S.; LEAMY, L. J.; LEWIS, L. A. & DEGRANDI-HOFFMAN, G. The influence of hybridization between African and European honeybees, *Apis mellifera*, on asymmetries in wing size and shape. **Evolution**, v. 57, n. 10, p. 2350-2364, 2003.
- SCHNEIDER, S. S.; DEGRANDI-HOFFMAN, G. & SMITH, D. R. The African honey bee: factors contributing to a successful biological invasion. **Annual Reviews in Entomology**, v. 49, n. 1, p. 351-376, 2004.
- SCHULTZ, K. M.; PASSINO, K. M. & SEELEY, T. D. The mechanism of flight guidance in honeybee swarms: subtle guides or streaker bees? **Journal of Experimental Biology**, v. 211, n. 20, p. 3287-3295, 2008.
- SEELEY, T. Measurement of nest cavity volume by the honey bee (*Apis mellifera*). **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 2, n. 2, p. 201-227, 1977.
- SEELEY, T. D. How honeybees find a home. **Scientific American**, v. 247, n. 4, p. 158-168, 1982.
- SEELEY, T. D. Consensus building during nest-site selection in honey bee swarms: the expiration of dissent. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 53, n. 6, p. 417-424, 2003.
- SEELEY, T. D. **Honeybee Democracy**. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2010. 253 p.
- SEELEY, T. D. & MORSE, R. A. Nest site selection by the honey bee, *Apis mellifera*. **Insectes Sociaux**, v. 25, n. 4, p. 323-337, 1978.
- SEELEY, T. D. & BUHRMAN, S. C. Group decision making in swarms of honey bees. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 45, n. 1, p. 19-31, 1999.
- SEELEY, T. D. & TAUTZ, J. Worker piping in honey bee swarms and its role in preparing for liftoff. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 187, n. 8, p. 667-676, 2001.
- SEELEY, T. D. & VISSCHER, P. K. Choosing a home: how the scouts in a honey bee swarm perceive the completion of their group decision making. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 54, n. 5, p. 511-520, 2003.

SEELEY, T. D. & VISSCHER, P. K. Quorum sensing during nest-site selection by honeybee swarms. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 56, n. 6, p. 594-601, 2004.

SEELEY, T. D. & VISSCHER, P. K. Sensory coding of nest-site value in honeybee swarms. **Journal of Experimental Biology**, v. 211, n. 23, p. 3691-3697, 2008.

SEELEY, T. D., MORSE, R. A. & VISSCHER, P. K. The natural history of the flight of honey bee swarms. **Psyche: A Journal of Entomology**, v. 86, n. 2-3, p. 103-113, 1979.

SEELEY, T. D., KLEINHENZ, M., BUJOK, B. & TAUTZ, J. Thorough warm-up before take-off in honey bee swarms. **Naturwissenschaften**, v. 90, n. 6, p. 256-260, 2003.

SEELEY, T. D.; VISSCHER, P. K.; SCHLEGEL, T.; HOGAN, P. M.; FRANKS, N. R. & MARSHALL, J. A. Stop signals provide cross inhibition in collective decision-making by honeybee swarms. **Science**, v. 335, n. 6064, p. 108-111, 2012.

SEITZ, N.; TRAYNOR, K. S.; STEINHAEUER, N.; RENNICH, K.; WILSON, M. E.; ELLIS, J. D.; ROSE, R.; TARPY, D. R.; SAGILI, R. R.; CARON, D. M. DELAPLANE, K. S.; RANGEL, J.; LEE, K.; BAYLIS, K.; WILKES, J. T.; SKINNER, J. A.; PETTIS, J. S. & VANENGELSDORP, D. A national survey of managed honey bee 2014–2015 annual colony losses in the USA. **Journal of Apicultural Research**, v. 54, n. 4, p. 292-304, 2015.

SEVERSON, D. W. & ERICKSON J. E. H. Seasonal constraints on mating and insemination of queen honey bees in a continental climate. **Apidologie**, v. 20, n. 1, 1989.

SHEPPARD, W. S.; RINDERER, T. E.; MAZZOLI, J. A.; STELZER, J. A. & SHIMANUKI, H. Gene flow between African-and European-derived honey bee populations in Argentina. **Nature**, v. 349, n. 6312, p. 782, 1991a.

SHEPPARD, W. S.; SOARES, A. E. E.; DEJONG, D. & SHIMANUKI, H. Hybrid status of honey bee populations near the historic origin of Africanization in Brazil. **Apidologie**, v. 22, n. 6, p. 643-652, 1991b.

SHEPPARD, W. S.; ARIAS, M. C.; GRECH, A. & MEIXNER, M. D. *Apis mellifera ruttneri*, a new honey bee subspecies from Malta. **Apidologie**, v. 28, n. 5, p. 287-293, 1997.

SILVA, E. C. A. **Influência de fatores ambientais e da técnica de manejo na fecundação natural de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)**. 1993. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1993.

SILVA, E. C. A.; ALVES, M. L. T. M. F.; SILVA, R. M. B. & MORETI, A. C. C. Longevidade de rainhas de abelhas africanas neotropicais (*Apis mellifera* L.). **Boletim de Indústria Animal**, v. 48, n. 1, p. 57-62, 1991.

SILVA, F. G. R. & BARRETO, L. M. R. C. Resgate de enxames das regiões da Grande São Paulo. **Mensagem Doce**, v. 135, p. 7-13, 2016.

SILVA, R. G. **Biofísica Ambiental: os animais e seu ambiente**. Jaboticabal: Funep, 2008. 393 p.

SILVA, R. G.; GUILHERMINO, M. M. & MORAIS, D. A. E. F. Thermal radiation absorbed by dairy cows in pasture. **International Journal of Biometeorology**, v. 54, n. 1, p. 5-11, 2010.

SILVA, I. P.; OLIVEIRA, F. A. S.; PEDROZA, H. P.; GADELHA, I. C. N.; MELO, M. M. & SOTO-BLANCO, B. Pesticide exposure of honeybees (*Apis mellifera*) pollinating melon crops. **Apidologie**, v. 46, n. 6, p. 703-715, 2015.

SILVA, G. A. R. D.; PIRES, K. L.; SOARES, D. C. D. S.; FERREIRA, M. R.; FERRY, F. R. D. A.; MOTTA, R. N. & AZEVEDO, M. C. V. M. D. RRH: envenoming syndrome due to 200 stings from Africanized honeybees. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 55, n. 1, p. 61-64, 2013.

SILVEIRA, D. C.; MARACAJÁ, P. B.; SILVA, R. A.; SOUSA, R. M. & SOTOBLANCO, B. Variações diurna e sazonal da defensividade das abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 4, p. 925-934, 2015.

SIMPSON, J. Nest climate regulation in honey bee colonies. **Science**, v. 133, n. 3461, p. 1327-1333, 1961.

SLESSOR, K. N.; WINSTON, M. L. & LE CONTE, Y. Pheromone communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 11, p. 2731-2745, 2005.

SOARES, A. E. E. Manejo de caixas iscas e suas implicações com a prevenção de acidentes. In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, 1998. Salvador. **Anais...** Salvador: CBA/FAABA, 1998. p. 61-65.

SOARES, A. E. E. Captura de enxames com caixas iscas e sua importância no melhoramento de abelhas africanizadas. In: XV Congresso Brasileiro de Apicultura e 1º Congresso Brasileiro de Meliponicultura, 2004, Natal. **Anais...** Natal: CBA, 2004. p. 1-8.

SOARES, A. E. E.; MICHELETTE, E. R. F. & PENATTI, A. Atração por cores e coleta de enxames naturais de *Apis mellifera* na região do cerrado. In: SIMPÓSIO DE APICULTURA, 1., 1984, Jaboticabal. **Anais...**Jaboticabal: Unesp, 1984a. p. 96-102.

SOARES, A. E. E.; MICHELETTE, E. R. F. & PENATTI, A. Ocorrência de enxames naturais de *Apis mellifera*. In: Reunião Anual da SBPC, 36, 1984, São Paulo, SP. **Ciência e Cultura**. São Paulo, SP: SBPC, 1984b. p. 871-871.

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. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

- SOUSA, R. M.; FREITAS, B. M.; ARAÚJO, Z. B. & SOARES, A. E. E. Hábito de nidificação das abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) na caatinga. In: IV Encontro sobre abelhas, 4., 2000. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto, 2000. p. 290.
- SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; SILVEIRA NETO, A. A. & PEREIRA, T. F. C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo*) no município de Acaraú-CE-Brasil. **Revista Caatinga**. v. 22, n. 1, p. 238-242. 2009.
- SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; MARACAJÁ, P. B. & ANDRADE, C. B. C. M. Comportamento de pastejo das abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em flores de melão amarelo (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 7, n. 1, p. 233- 238. 2012.
- SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; MARACAJÁ, P. & AZEVEDO, A. Período de introdução de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) para polinização de melão amarelo (*Cucumis melo* L.). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 1-4, 2014.
- SOUTHWICK, E. E. Allometric relations, metabolism and heat conductance in clusters of honey bees at cool temperatures. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 156, n. 1, p. 143-149, 1985.
- SOUTHWICK, E. E. & MORITZ, R. F. A. Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. **Journal of Insect Physiology**, v. 33, n. 9, p. 623-626, 1987.
- SPIVAK, M.; MADER, E.; VAUGHAN, M. & EULISS, N. H. The plight of the bees. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 1, p. 34–38, 2011.
- SPIVAK, M.; FLETCHER, D. J. C. & BREED, M. D. **The African honey bee**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2019. 563 p.
- STABENTHEINER, A.; PRESSL, H.; PAPST, T.; HRASSNIGG, N. & CRAILSHEIM, K. Endothermic heat production in honeybee winter clusters. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 353-358, 2003.
- STABENTHEINER, A.; KOVAC, H. & BRODSCHNEIDER, R. Honeybee colony thermoregulation – regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. **PloS One**, v. 5, n. 1, p. e8967, 2010.
- STORT, A. C. **Estudo genético da agressividade de *Apis mellifera***. 1971. 166 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Araraquara, 1971.
- SUGDEN, E. A. & WILLIAMS, K. R. October 15: the day the bee arrived. **Glean Bee Cult**, v. 119, p. 18-21, 1990.
- SZABO, T. I. Effects of various entrances and hive direction on outdoor wintering of honey bee colonies. **American Bee Journal**, v. 123, n. 1, p. 47-49, 1983.

TAUTZ, J.; MAIER, S.; GROH, C.; ROESSLER, W. & BROCKMANN, A. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 100, n. 12, p. 7343-7347, 2003.

TOLEDO, V. A. A., TORAL, F. L. B., DE MIRANDA, S. B., SHIRAIISHI, A., HASHIMOTO, J. H. & SILVA, W. R. Ocorrência e coleta de colônias e de enxames de abelhas africanizadas na zona urbana de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 28, n. 3, p. 353-359, 2006.

TOLEDO, V. A. A.; NEVES, C. A.; ALVES, E. M.; OLIVEIRA, J. R.; RUVOLOTAKASUSUKI, M. C. C. & FAQUINELLO, P. Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 93-100, 2010.

TOLEDO, V. A. A.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; MALHEIROS, E. B.; FAQUINELLO, P. & SEREIA, M. J. Produção de realeiras em colônias híbridas de *Apis mellifera* L. e longevidade de rainhas. **Global Science and Technology**, v. 5, n. 2, p.176-185, 2012.

TSCHARNTKE, T.; TYLIANAKIS, J. M.; RAND, T. A.; DIDHAM, R. K.; FAHRIG, L.; BATTERY, P.; BENGTSSON, J.; CLOUGH, Y.; CRIST, T. O.; DORMANN, C. F.; EWERS, R. M.; FRÜND, J.; HOLT, R. D.; HOLZSCHUH, A.; KLEIN, A. M.; KLEIJN, D.; KREMEN, C.; LANDIS, D. A.; LAURANCE, W.; LINDENMAYER, D.; SCHERBER, C.; SODHI, N.; STEFFAN-DEWENTER, I.; THIES, C.; VANDERPUTTEN, W. H. & WESTPHAL, C. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes- eight hypotheses. **Biological reviews**, v. 87, n. 3, p. 661-685, 2012.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Food and ecological security, identifying synergy and tradeoffs**. Nairobi: UNEP, 2011.

VANENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E.; NGUYEN, B. K.; FRAZIER, M.; FRAZIER, J.; COX-FOSTER, D.; CHEN, Y.; UNDERWOOD, R.; TARPY, D. R. & PETTIS J. S. Colony collapse disorder: a descriptive study. **PloS One**, v. 4, n. 8, p. e6481, 2009.

VETTER, R. S.; VISSCHER, P. K. & CAMAZINE, S. Mass envenomations by honey bees and wasps. **Western Journal of Medicine**, v. 170, n. 4, p. 223, 1999.

VIEIRA, L. S. S. **Monitoramento de Enxames de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) visando à redução e prevenção de acidentes na região metropolitana de Salvador-BA**. 2007. 115 f. TCC (Graduação em Ciências Biológicas) - Faculdade de Tecnologia e Ciência – FTC, Salvador-BA, 2007.

VICENS, N. & BOSCH, J. Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). **Environmental Entomology**, v. 29, n. 3, p. 413-420, 2000.

VISSCHER, P. K. & SEELEY, T. D. Coordinating a group departure: who produces the piping signals on honeybee swarms? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 61, n. 10, p. 1615-1621, 2007.

VISSCHER, P. K.; MORSE, R. A. & SEELEY, T. D. Honey bees choosing a home prefer previously occupied cavities. **Insectes Sociaux**, v. 32, n. 2, p. 217-220, 1985.

WALLBERG, A.; HAN, F.; WELLHAGEN, G.; DAHLE, B.; KAWATA, M.; HADDAD, N.; SIMÕES, Z. L. P.; ALLSOPP, M. H.; KANDEMIR, I.; RÚA, P. L., PIRK, C. W. & WEBSTER, M. T. A worldwide survey of genome sequence variation provides insight into the evolutionary history of the honeybee *Apis mellifera*. **Nature Genetics**, v. 46, n. 10, p. 1081, 2014.

WANG, Q.; XU, X.; ZHU, X.; CHEN, L.; ZHOU, S.; HUANG, Z. Y. & ZHOU, B. Low-temperature stress during capped brood stage increases pupal mortality, misorientation and adult mortality in honey bees. **PloS One**, v. 11, n. 5, p. e0154547, 2016.

WANI, M.; SALEEM, S.; SAWAN VERMA, I. Y.; WANI, M.; ASIMI, R.; DAGA, R. A. & SHAH, I. A. Multiple cerebral infarctions with severe multi-organ dysfunction following multiple wasp stings. **Annals of Indian Academy of Neurology**, v. 17, n. 1, p. 125, 2014.

WATANABE, A. S.; FONSECA, L. A. M.; GALVÃO, C. E. S.; KALIL, J. & CASTRO, F. F. M. Specific immunotherapy using Hymenoptera venom: systematic review. **São Paulo Medical Journal**, v. 128, n. 1, p. 30-37, 2010.

WHITFIELD, C. W.; BEHURA, S. K.; BERLOCHER, S. H.; CLARK, A. G.; JOHNSTON, J. S.; SHEPPARD, W. S.; SMITH, D. R.; SUAREZ, A. V.; WEAVER, DANIEL & TSUTSUI, N. D. Thrice out of Africa: ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. **Science**, v. 314, n. 5799, p. 642-645, 2006.

WILSON, J. S. & CARRIL, O. J. M. **The bees in your backyard: a guide to North America's bees**. Princeton: Princeton University Press, 2015. 288 p.

WINSTON, M. L. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University Press, 1987. 281 p.

WINSTON, M. L. **The inside story: internal colony dynamics of Africanized bees**. In: SPIVAK, M. *et al.* (Org). The "African" honey bees. Boulder, Colorado: Westview Press, p. 210-212, 1991.

WINSTON, M. L. The biology and management of Africanized honey bees. **Annual Review of Entomology**, v. 37, n. 1, p. 173-193, 1992.

WINSTON, M. L.; TAYLOR, O. R. & OTIS, G. W. Some differences between temperate European and tropical African and South American honey bees. **Bee World**, v. 64, p.12-21, 1983.

WITHERELL, P. C. A review of the scientific literature relating to honey bee bait hives and swarm attractants. **American Bee Journal**, v. 125, n. 12, p. 823-829, 1985.

WITHROW, J. M. & TARPY, D. R. Cryptic "royal" subfamilies in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **PloS One**, v. 13, n. 7, 2018.

WOLOWSKI, M.; AGOSTINI, K.; RECH, A. R.; VARASSIN, I. G.; MAUÉS, M.; FREITAS, L.; CARNEIRO, L. T.; BUENO, R. O.; CONSOLARO, H.; CARVALHEIRO, L.; SARAIVA, A. M. & SILVA, C. I. **Relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil**. Espirito Santo: REBIPP, 2019. 93 p.

WOYKE, J. Naturalne i sztuczne unasienianie matek pszczelich. **Pszczelnicze Zeszyty Naukowe**, v. 4, n. 3/4, p. 183-275, 1960.

WOYKE, J. Causes of repeated mating flights by queen honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 3, n. 1, p. 17-23, 1964.

WOYKE, J. Rearing condition and the number of sperm reaching queens spermatheca. *In*: INTERNATIONAL BEEKEEPING CONGRESS, 21., **Anais...** p. 93-84, 1967.

WOYKE, J. **Biología de las abejas em las zonas tropicales**. Ministerio de Agricultura y Ganaderia - Direccion General de Ganaderia. San Salvador, El Salvador C.A. 11p. 1980a

WOYKE, J. **Inseminacion artificial de las abejas reinas em beneficio del desarrollo de la apicultura**. Ministerio de Agricultura y Ganaderia - Direccion General de Ganaderia. San Salvador, El Salvador, C.A. 10p. 1980b

ZALUSKI, R.; KADRI, S. M.; SOUZA, E. A.; SILVA, V. M.; SILVA, J. R.; RODRIGUES-ORSI P. & ORSI, R. O. Africanized honeybees in urban areas: a public health concern. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 47, n.5, p. 659-662, 2014.

ZAMBRANO-INFANTINO, C. R.; PIÑIERÍA-GONSÁLVEZ, J. F., MONTAÑO, C., & RODRÍGUEZ, C. Optic neuritis after a bee sting. **Investigacion Clinica**, v. 54, n. 2, p. 180-185, 2013.



APÊNDICES



9 APÊNDICES

Ap. I

Solicitação para captura e remoção de enxames

Solicitante: _____

Endereço completo: _____

Como chegar ao local / Ponto de referência: _____

Telefones para contato: _____

Data da solicitação: ____ / ____ / ____ Horário: _____

Informações passadas pelo solicitante quanto ao tipo de inseto, local do enxame, nível de urgência, etc: _____

Agendamento para visita ao local – Data: ____ / ____ / ____ Horário: _____

Outras informações se necessário: _____

Ap. II

Formulário individual da operação

PARTE A:

1. Número da ocorrência: _____
2. Visita ao local da ocorrência:
Data: ____/____/____ Horário: _____
3. Localização (Ex: Forro de residência, caixa de ar condicionado, árvore, etc...) _____
_____ Altura: _____
4. Periculosidade (Nível de risco de ocorrer um acidente):
() Nível mínimo – Quando a colônia está em local isolado, sem trânsito de pessoas ou animais;
() Nível médio – Quando a colônia se encontra em local movimentado, embora sem acesso muito próximo de pessoas ou animais;
() Nível máximo – Quando as abelhas já têm atacado pessoas ou animais nas proximidades, ou há muito ruído e movimento no local, aumentando o perigo de um ataque.
5. Houve ataque? () SIM () NÃO / Nº de pessoas ou animais atingidos: _____
Possíveis causas do ataque: _____
6. Quanto tempo as abelhas estão no local? _____
7. Houve alguma tentativa de extermínio ou remoção? () SIM () NÃO
8. É possível fazer a captura de forma segura? () SIM () NÃO
9. Em caso de impossibilidade ou alto nível de dificuldade de remoção, registrar a medida a ser adotada: _____ Motivo: _____

10. Material não comum necessário para esta operação: _____

PARTE B:

11. Informações da logística de execução do procedimento de captura:
 - a) Data: ____/____/____
 - b) Duração da atividade – Horário de início: _____ Horário de término: _____
 - c) Condições climáticas do dia (Ex: nublado, quente, chuvoso): _____
 - d) Pessoas envolvidas: _____
12. Outras informações complementares:

Ap. III

Informações biológicas sobre o enxame

1. Descrição detalhada da localização do enxame: _____

2. Tipo de enxame/colônia:
 Enxame instalado provisoriamente ou em processo de enxameação
 Colônia nidificada
3. Posição dos favos em relação à entrada (para colônias nidificadas em cavidades):
 Perpendicular à entrada Paralela à entrada
4. Tendência de direção dos favos construídos¹:
 Direção norte/sul Direção leste/oeste
5. Tamanho populacional²:
 < 10.000 abelhas 10.000 a 20.000 20.000 a 40.000 40.000 a 60.000
 > 60.000
6. Aspectos reprodutivos:
 - 6.1 Quanto a rainha
 - a) Presente? SIM NÃO
 - b) Visualizada e/ou capturada SIM NÃO
 - c) Quando a rainha não visualizada, há zumbido típicos de orfandade? SIM NÃO
 - 6.2 Realeiras
 - a) Presente³? SIM NÃO
 - b) Número total: _____
 - 6.3 Zangões
 - a) Presente? SIM NÃO
 - b) Células de zangões? SIM NÃO / Número de favos com cel. de zangões: _____
7. Defensividade do enxame²:
 1 – Pouco defensiva 2 – Médio defensiva 3 – Muito defensiva
8. Quanto a permanência do enxame na colmeia: Captura bem sucedida? SIM NÃO
9. Informações adicionais: _____

¹ Avaliação realizada com auxílio de aplicativo para Android: Bússola Compass

² Baseado em método subjetivo

³ Considerando apenas a realeira fechada ou com indicativo que foi recentemente aberta, com tamanho normal e forma intacta.