

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**INFESTAÇÃO PELO ÁCARO *Varroa destructor* E
DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS**

LARISSA SILVA SOUZA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
JUNHO - 2019**

INFESTAÇÃO PELO ÁCARO *Varroa destructor* E DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS

LARISSA SILVA SOUZA

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011

Tese apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutora em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Fitotecnia).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

Coorientadora: Profa. Dra. Fabiane de Lima Silva

Coorientadora: Profa. Dra. Maria Emilene Correia de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Stephen John Martin

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

JUNHO - 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

S729i

Souza, Larissa Silva.

Infestação pelo ácaro *Varroa destructor* e detecção de viroses em abelhas africanizadas / Larissa Silva Souza. – Cruz das Almas, BA, 2019.
91f.; il.

Orientador: Carlos Alfredo Lopes de Carvalho.
Coorientadora: Fabiane Lima da Silva.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas.

1.Abelhas africanas – Apicultura. 2.Abelhas africanas – Doenças. 3.Varroa destructor – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Oliveira, Maria Emilene Correia. III.Martin, Stephen John. IV.Título.

CDD: 638.16

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário – CRB5 / 1615).
Os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE DOUTORADO**

**INFESTAÇÃO PELO ÁCARO *Varroa destructor* E DETECÇÃO DE
VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO DE
Larissa Silva Souza**

Realizada em 18 de junho de 2019

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

Profa. Dra. Carla da Silva Sousa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO
Examinador Interno

Prof. Dr. Gilberto Marcos de Mendonça Santos
Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS
Examinador Externo

Dra. Marilene Fancelli
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Examinador Externo

Prof. Dr. Rogério Marcos de Oliveira Alves
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - IFBAIANO
Examinador Interno

DEDICATÓRIA

À Deus, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de realização do curso;

A minha família e amigos, pelo apoio e incentivo;

Ao Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho pelo compromisso com a ciência, competência profissional, disposição e paciência no processo de orientação desde a época de iniciação científica até os dias atuais;

A Prof^a. Dr. Fabiane Lima da Silva pelo profissionalismo, entusiasmo e contribuições durante a minha trajetória;

A Dra. Maria Emilene Correia Oliveira pelos momentos de aprendizado e colaboração em todos os momentos da realização deste trabalho;

Ao Dr. Stephen John Martin pela oportunidade de participação dos estudos com saúde das abelhas, a partir do projeto PVE/CSF/CNPq;

Aos professores Dr. Kuang Hongyu e Dr. Rafael de Andrade Moral pelas contribuições ao meu trabalho;

Aos colegas do Grupo Insecta, pelos momentos que tornaram possível a realização deste trabalho;

Aos colegas e alunos do IFBaiano, Campus Senhor do Bonfim, pelo apoio no desenvolvimento dos trabalhos;

À Profa. Dra. Carla da Silva Sousa pela coordenação do Programa DINTER IFBaiano/UFRB, representando o IFBaiano;

A CAPES pela concessão do auxílio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho (Código Financeiro 001), a partir do Programa DINTER IFBaiano/UFRB.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro vinculado aos projetos PVE/CSF/CNPq (número 400425/2014-9) e Universal MCTI/CNPq (número 426932/2016-1);

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Este estudo tem a licença número 50467 e 55056 do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO).

SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

REFERENCIAL TEÓRICO01

ARTIGO 1

AFRICANIZED HONEY BEE AND *Varroa destructor* MITE IN BRAZILIAN SEMIARID CLIMATE.....19

ARTIGO 2

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIGIÊNICO EM ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO DO BRASIL.....43

ARTIGO 3

DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS E SUA ASSOCIAÇÃO COM O ÁCARO *Varroa destructor*.....64

CONSIDERAÇÕES FINAIS82

INFESTAÇÃO PELO ÁCARO *Varroa destructor* E DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS

Autora: Larissa Silva Souza

Orientador: Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

RESUMO: *Apis mellifera* L. desempenha um importante papel ambiental e econômico, por meio da polinização e produção de mel, pólen, própolis, dentre outros produtos. No entanto, várias doenças podem afetar essas abelhas em diferentes fases do seu desenvolvimento biológico, o que pode ocasionar perda de toda a população da colônia. Este fato tem desencadeado crescente preocupação global, devido ao declínio das colônias, observado em diversos países e, recentemente, no Brasil. Dentre os parasitas de maior impacto, destaca-se o ácaro *Varroa destructor*, vetor de diversos vírus. O presente estudo teve como objetivo avaliar o nível de infestação pelo ácaro *V. destructor* e a possível influência dos fatores ambientais sobre a infestação deste parasita, correlacionando a sua presença com as principais viroses que acometem colônias de *A. mellifera* L., bem como o potencial de comportamento higiênico destas abelhas. O estudo foi realizado em oito cidades do Semiárido Baiano, avaliando-se os índices de infestação pelo *V. destructor* em abelhas adultas ao longo de um ano. Além disso, foi conduzido um estudo sobre o comportamento higiênico de *A. mellifera* e a sua correlação com o nível de infestação pelo *V. destructor*. Também foram realizadas avaliações para a detecção dos principais vírus que acometem *A. mellifera* e se estão correlacionadas com *V. destructor*. Verificou-se que os parâmetros ambientais atuam sobre as taxas de infestação pelo *V. destructor*. As colônias de abelhas africanizadas necessitam de um período superior a 24 horas para demonstrarem efetivamente sua característica higiênica. Desta forma, outros fatores distintos do comportamento higiênico podem ter atuado no controle do ácaro pelas abelhas africanizadas. Apenas os vírus *Deformed wing virus* (DWV), *Israeli acute paralysis virus* (IAPV) e *Acute bee paralysis virus* (ABPV) foram detectados. DWV foi detectado em apenas 21,4% das amostras, IAPV e ABPV em 50%.

Palavras-chave: Varroatose, *Apis mellifera*, Saúde das Abelhas.

***Varroa destructor* INFESTATION AND VIRUS DETECTION IN AFRICANIZED HONEY BEES**

Author: Larissa Silva Souza

Adviser: Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho

ABSTRACT: *Apis mellifera* L. has an important environmental and economic role, through pollination and production of honey, pollen, propolis, among other products. However, various diseases can affect these bees at different stages of their biological development, which can cause loss of the entire population of the colony. This fact has triggered growing global concern, due to the decline of the colonies observed in several countries and recently in Brazil. Among the parasites with the greatest impact, we highlight the *Varroa destructor* mite, vector of several viruses. The present study had as objective to evaluate the level of infestation by the *V. destructor* mite and the possible influence of the environmental factors on the infestation of this parasite, correlating its presence with the main viruses with affected colonies of *A. mellifera* L., as well as the hygienic behavior of these bees. The study was carried out in eight cities of the semiarid Baiano, evaluating the rates of infestation by *V. destructor* in adult bees over a year. In addition, a study was conducted on the hygienic behavior of *A. mellifera* and its correlation with the level of infestation by *V. destructor*. Evaluations have also been performed for the detection of major viruses that affect *A. mellifera* and whether they are correlated with *V. destructor*. It was verified that the environmental parameters act on the rates of infestation by *V. destructor*. The colonies of Africanized bees need a period longer than 24 hours to effectively demonstrate their hygienic characteristics. Thus, other factors other than hygienic behavior may have played a role in mite control by Africanized bees. Only the virus Deformed wing virus (DWV), Israeli acute paralysis virus (IAPV) and Acute bee paralysis virus (ABPV) were detected. DWV was detected in only 21.4% of samples, IAPV and ABPV in 50%.

Keywords: Varroosis, *Apis mellifera*, bee health.

REFERENCIAL TEÓRICO

Estima-se que 87 das principais espécies de plantas utilizadas na alimentação humana, dependem diretamente do serviço de polinização (KLEIN et al., 2007), as abelhas *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae) são as principais responsáveis pela polinização em cultivos agrícolas (WATANABE, 1994), além de outras plantas que necessitam de polinização cruzada em sua reprodução (ALLEN-WARDELL et al., 1998). No Brasil, *A. mellifera* tem sido, quase que exclusivamente, utilizada para a produção de mel, sendo a produção brasileira de mel a única que não contém resíduos de medicamento, ao analisar o cenário mundial (CBA, 2016), sendo considerada como uma atividade ecológica e socioeconomicamente correta (ALMEIDA; CARVALHO, 2009).

Entretanto, patógenos e parasitas podem representar uma ameaça à atividade, devido à diminuição da produção de mel e outros produtos, pelo enfraquecimento das colônias e da produtividade pela perda de colônias. Dentre os parasitas, destaca-se o ácaro *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) (ANDERSON; TRUEMAN, 2000), um ectoparasita obrigatório de *A. mellifera*. É um ácaro cosmopolita e responsável por inúmeras perdas de colônias de *A. mellifera* em toda Europa (AMDAM et al., 2004; VANENGELSDORP et al., 2009; ROSENKRANZ et al., 2010; DIETEMANN et al., 2012). Além dos problemas citados anteriormente, a infecção por *V. destructor* afeta a expressão de genes do metabolismo energético de abelhas (HOU et al., 2016).

Além dos problemas causados pelo parasitismo, o varroa também é transmissor de viroses como a do vírus deformador de asas (*Deformed Wing Virus* - DWV) de abelhas (BAKONYI et al., 2002; CHEN et al., 2004; TENTCHEVA et al., 2006). A infestação do ácaro Varroa e a infecção pelo vírus são apontadas como os causadores do colapso da colônia, no qual o enxame abandona a colmeia, deixando prole e alimento. As abelhas acometidas pela infecção viral possuem asas deformadas, encurtamento do abdômen e tempo de vida de no máximo 72 horas (TENTCHEVA et al., 2006).

Devido as atuais e relevantes perdas de colônias de *A. mellifera* no mundo e no Brasil, busca-se a elucidação sobre os fatores envolvidos na associação entre *V. destructor* e as abelhas africanizadas, a fim de permitir traçar o perfil das

doenças apícolas presentes no país, bem como estabelecer o impacto que estes estão causando, ou podem causar a estas abelhas, auxiliando na busca por soluções mitigadoras que evitem a perda desses insetos, evitando danos ambientais e econômicos.

Além disso, buscando conhecer os parasitas e patógenos das abelhas africanizadas, diversos estudos foram desenvolvidos para analisar a incidência do *V. destructor* em abelhas adultas de diferentes apiários da região do Semiárido Baiano, correlacionando o nível de infestação deste parasita com o comportamento higiênico; estudando ainda a diferença entre o nível de infestação em diferentes fases de desenvolvimento das abelhas e a associação deste nível com fatores que podem afetar as abelhas. E ainda, avaliando a presença do vírus deformador das asas de abelhas com a presença do *V. destructor*.

***Apis mellifera*: Caracterização e importância**

A espécie de abelha *Apis mellifera* L. tem como centro de origem a Ásia Central e África (SHEPPARD; MEIXNER, 2003), entretanto, a sua capacidade adaptativa esta abelha se difundiu rapidamente por diferentes regiões, sendo uma espécie cosmopolita (WINSTON, 1991). No Brasil, a introdução de *A. mellifera* ocorreu em 1839, pelo padre Antônio Carneiro Aureliano, trazendo enxames de Portugal para o Rio de Janeiro. Posteriormente, em 1845, imigrantes alemães trouxeram a subespécie *A. mellifera mellifera*, iniciando a atividade apícola no Sul do país (TRINDADE et al., 2004). Após esse período foram introduzidas subespécies oriundas de outros países da Europa, juntamente com o processo de imigração que ocorria no Brasil (PEREIRA; VILELA, 2003).

No entanto, em 1950, o professor Warwick Stevam Kerr, a fim de promover o melhoramento da produção apícola no Brasil, importou rainhas das abelhas africanas *A. mellifera scutellata*, consideradas mais produtivas e resistentes a doenças quando comparadas às europeias. Após a ocorrência de um acidente no apiário experimental de Rio Claro, SP, onde esses enxames eram mantidos, 26 destes escaparam (KERR, 1967; CLARKE et al., 2002), dando início ao processo de africanização das abelhas *A. mellifera*, ou seja, a subespécie africana começou a acasalar com princesas europeias existentes na região Sudeste (MATIS, 1991; WINSTON, 1991).

Como consequência desse acasalamento, a tendência a enxameação, comum em enxames africanos, também foi herdado geneticamente pelas abelhas africanizadas (TAYLOR JR., 1977; WINSTON, 1992), podendo atingir maiores distâncias quando comparadas com as subespécies europeias (OTIS et al., 1981). A introdução da subespécie *A. m. scutellata* no Brasil é um dos maiores exemplos de invasão biológica (SCHINEIDER et al., 2004) e supressão genética (SMITH et al., 1989) existentes. Houve um notório domínio genético da abelha africana sobre as espécies europeias (OTIS et al., 1981; SCHINEIDER et al., 2004; MISTRO et al., 2005).

Apis mellifera é uma espécie social, cujos representantes vivem em colônias de até 100.000 indivíduos (WINSTON, 1991). Dividindo-se em castas (rainha, machos ou zangões e operárias) e um sistema de divisão de atividades, de acordo com a idade do inseto (HÖLLDOBLER; WILSON, 2009) conhecida como polietismo ou divisão temporária das atividades (BESHERS et al., 2001). As operárias são responsáveis pela manutenção da colônia (WINSTON, 1991; CRUZ-LANDIM, 2008).

Colônias de *A. mellifera* são exploradas para obtenção de mel (principal produto explorado), pólen apícola, geleia real, própolis, rainhas, polinização, apitoxina e cera (ROUBIK, 1989; WINSTON, 1991), sendo a China o maior produtor mundial, seguido dos Estados Unidos, Alemanha e Reino Unido (FAO, 2014). Em 2017, foram produzidas 41,6 mil toneladas de mel no Brasil, sendo a região Nordeste responsável por 12,8 mil toneladas desta produção (IBGE, 2019). Por conta dos efeitos da seca em 2012 e dos seguidos anos de chuvas abaixo da média, o Nordeste deixou de ser o maior produtor nacional de mel (VIDAL, 2019).

No cenário internacional do mel, o Brasil começou a ganhar espaço no ano 2000, com a saída temporária da China e Argentina, por conta de contaminantes no mel (PASIN et al., 2012), gerando uma carência no mercado internacional. Esse evento gerou um aumento e incentivo da atividade apícola no país (LENGLER et al., 2007). Com a saída desses dois grandes produtores a apicultura brasileira cresceu 92,48% (entre 1999 a 2010) e fez com que a região Nordeste despontasse como um dos grandes produtores nacionais (PASIN et al., 2012).

Apesar da importância do comércio do mel para os apicultores mundiais, o maior serviço ofertado pelas abelhas é a polinização, que é fundamental para as culturas agrícolas, melhorando a quantidade e qualidade dos frutos (WILLIAMS et al., 1991) e conseqüentemente, aumentando o valor econômico do produto (KLATT et al., 2014, GARRATT et al., 2014). Algumas culturas agrícolas dependem da polinização realizada por abelhas (ELLIS et al., 2005), sendo que que 35% da produção agrícola está diretamente relacionada a polinização (KLEIN et al., 2007). O valor atribuído à polinização nos Estados Unidos é de aproximadamente 16 bilhões de dólares (CALDERONE, 2012) e 202 milhões de libras no Reino Unido (CARRECK; WILLIAMS, 1998) e um valor global em torno de 117 bilhões de dólares por ano (COSTANZA et al., 1997). No Brasil, este valor chega a 12 bilhões de dólares (GIANNINI et al., 2015).

A dependência das abelhas às plantas caracteriza o valor da apicultura (PEGORARO; ZILLER, 2003), além disso, a apicultura é uma atividade sustentável, pois incentiva a conservação das espécies nativas, gerando renda, utilizando mão de obra de pequenos agricultores e auxiliando na fixação destes nas áreas de produção (GUIMARÃES, 1989; BROWN, 2001).

Saúde das abelhas

As abelhas podem ser atacadas por patógenos e parasitas (BAILEY; BALL, 1991; REYBROECK et al., 2012). Este ataque pode ocasionar a perda de indivíduos ou de toda a colônia. Uma vez que as mudanças climáticas podem afetar a fisiologia e comportamento das abelhas, pode conseqüentemente favorecer a ação desses agentes patogênicos (LE CONTE; NAVAJAS, 2008). Outro fator importante é a nutrição das abelhas, pois a deficiência de nutrientes compromete o desenvolvimento da colônia, reduzindo o tempo de vida destes insetos e propiciando o surgimento de doenças (STANDIFER et al., 1977).

O surgimento da desordem do colapso da colônia (*Colony Collapse Disorder* - CCD) nos Estados Unidos durante o período 2006-2007 (VANENGELSDORP et al., 2007; 2008), e em países da Europa, causou inúmeras perdas de enxames (BENJAMIN; MCCALLUM, 2009). Semelhante ao ocorrido nesses países, existem registros da ocorrência desse fenômeno nas abelhas no Brasil, principalmente no Sudeste (TEIXEIRA et al., 2008). O CCD

caracteriza-se pelo desaparecimento súbito das abelhas, abandonando as colmeias com alimento armazenado (por exemplo, mel, néctar, e pólen) e as crias (SPIVAK et al., 2011), não ocorrendo a presença de abelhas mortas no interior ou proximidades da colmeia.

As principais causas relatadas como causadoras do CCD são: cultivo de plantas geneticamente modificadas, parasitismo pelos ácaros *V. destructor* (DE MIRANDA et al., 2010), disseminação de doenças causadas pelos vírus da paralisia aguda (COX-FOSTER, 2007; BLANCHARD et al., 2008), DWV (MARTIN et al., 2012; WILFERT et al., 2016), microsporídio *Nosema ceranae* (HIGES et al., 2008), além das mudanças climáticas, destruição da flora nativa (LE CONTE E NAVAJAS, 2008; RATNIEKS; CARRECK, 2010), deficiência nutricional das abelhas, regulação da temperatura do interior da colônia (OLDROYD, 2007) e uso indiscriminado de agrotóxicos (PAREJA et al., 2011), sendo que essa última explicação é a que mais se sobressaiu nos últimos anos.

No Brasil, apesar de relatos de recorrentes perdas de colônias em diversos estados, as análises de algumas colônias revelou que essas mortalidades registradas nos apiários brasileiros não estão associadas à CCD (PIRES et al., 2016). Foi constatada a presença de *V. destructor* e de diversos patógenos, entre os quais vírus *Acute bee paralysis virus* (ABPV), *Black queen cell virus* (BQCV), *Deformed wing virus* (DWV) e o fungo *N. ceranae* nestas amostras (TEIXEIRA et al., 2008; 2012).

Desta forma, observa-se que dentre as doenças de maior impacto em colônias de *A. mellifera*, destaca-se o ácaro *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) (ANDERSON; TRUEMAN, 2000), um ectoparasita de abelhas *A. mellifera*. É considerado uma praga muito importante que afeta as colônias de *A. mellifera* em todo o mundo, causando perdas de até 100% das colônias de abelhas (CALDERONE, 1999).

O ácaro *Varroa destructor*

Varroa destructor pertence à Ordem Parasitiformes, Subordem Mesostigmata, Família Varroidae. É um ácaro cosmopolita e segue a distribuição de *A. mellifera* ao redor do mundo. A espécie encontrada no Brasil, primeiramente foi identificada como *Varroa jacobsoni* (KRANTZ, 1978), porém descobriu-se

depois que a espécie encontrada nas abelhas africanizadas era a *Varroa destructor* (ANDERSON E TRUEMAN, 2000). Este ácaro apresenta diferentes haplótipos, e no Brasil, inicialmente foi introduzido o haplótipo J (Japonês), o qual é relacionado com baixos níveis de infestação. Entretanto, o haplótipo K (haplótipo coreano) já foi registrado no Brasil, sendo este considerado mais devastador, devido a sua elevada taxa reprodutiva, mesmo em abelhas africanizadas (ANDERSON; TRUEMAN, 2000; GARRIDO et al., 2003; STRAPAZZON et al., 2009; GUERRA Jr. et al., 2010). Estudos preliminares no Brasil têm revelado um aumento da taxa reprodutiva deste ácaro nos últimos anos (MESSAGE et al., 2017).

O parasitismo do ácaro em uma colônia pode ocorrer em dois diferentes momentos: durante a fase forética, onde o varroa irá parasitar abelhas adultas, reduzindo assim o vigor e longevidade destas; e fase reprodutiva, momento em que o ácaro pode ser encontrado nas pupas das abelhas, originando assim, novos ácaros que irão infestar outras células de cria (DIETMANN et al., 2013). Todo o ciclo reprodutivo de varroa ocorre nas células de cria operculada (onde as pupas das abelhas estão em desenvolvimento), cada ácaro fêmea que invade uma célula de cria, dará origem a um macho e até três fêmeas. Após, abelha e ácaro finalizam o ciclo e emergem juntos, e os ácaros irão procurar outras células de cria das abelhas para reiniciar o ciclo reprodutivo (TANTILLO et al., 2015).

Diversos fatores podem influenciar no sucesso reprodutivo de *V. destructor*, tais como: temperatura, umidade, fluxo de néctar, disponibilidade de pólen, raça, idade e comportamento higiênico das abelhas (DE GUZMAN et al., 2007; ROSENKRANZ et al., 2010). Os ácaros têm preferência pela cria de zangão em relação à cria de operária, fato que pode ser explicado pelo maior porte da larva, bem como o maior período de duração da fase pupal dos zangões em relação às operárias (MARTIN, 1998). Os ovos do ácaro são sensíveis às variações climáticas, sendo que a temperatura ótima para o ácaro é de 36 °C, ou seja, semelhante à da abelha (MARTIN, 2001), assim como, em condições de alta umidade (acima de 80 %) o ácaro não irá se reproduzir (KRAUS, 1997).

A taxa de infestação pelo ácaro em abelhas africanizadas no Brasil, variam de 0 a 11% (BACHA JÚNIOR et al., 2009; PINTO et al., 2012) na região Sudeste, e entre 3,4 a 7,24% em *A. mellifera* no Nordeste (EVANGELISTA et al., 2015;

CLEMENTINO et al., 2016; MOREIRA et al., 2017), sendo que no Brasil os índices de infestação pelo ácaro são maiores durante o inverno (PINTO et al., 2011).

Os danos para as colônias de abelhas pelo *V. destructor* podem ocorrer com nível de infestação a partir de 10% e colônias infestadas e sem tratamento sobrevivem por dois a quatro anos (FREY et al., 2011). Além de reduzir o vigor geral da colônia, o ácaro pode transmitir doenças para as abelhas, tais como as causadas por vírus (MOORE et al., 2014) e bactérias (HUBERT et al., 2015). E dentre os patógenos transmitidos por este parasita, destaca-se o vírus deformador de asas das abelhas (DWV) (MOORE et al., 2014; MARTIN et al., 2012).

Vírus deformador de asas das abelhas - DWV

O vírus deformador de asas das abelhas (*Deformed Wing Virus – DWV*) pertencente ao gênero *Iflavirus*, está associado à perda de colônias de abelhas *A. mellifera* (LANZI et al., 2006). Os sintomas do vírus DWV em abelhas infectadas incluem deformidade nas asas, abdômen encurtado, peso reduzido no momento da emergência, e conseqüentemente, redução do seu tempo de vida, podendo morrer ainda durante a fase de pupa (GENERSCH, 2005; LE CONTE et al., 2010).

O vírus pode ser transmitido por meio da alimentação para as larvas (MOORE et al., 2014), por rainhas contaminadas por seus genitores ou por zangões durante o acasalamento (CHEN et al., 2006; YUE et al., 2007; MOCKEL et al., 2011). O vírus DWV também foi encontrado em cargas polínicas coletadas diretamente de abelhas campeiras não infectadas, sugerindo que o vírus presente neste pólen foi previamente depositado nas flores por indivíduos infectados (SINGH et al., 2010).

A alimentação, bem como a qualidade da proteína consumida, pode afetar os níveis virais em *A. mellifera* (DEGRANDI-HOFFMAN et al., 2010), uma vez que a densidade e solubilidade da proteína é reduzida em insetos parasitados (GLINSKI; JAROSZ, 1984), este precisaria compensar esta perda aumentando seu consumo proteico, ou seja, consumindo mais pólen. A quantidade e a qualidade do pólen consumido pelas abelhas são importantes (ALAUX et al.,

2010), pois este é a sua única fonte de proteínas (ROUBIK, 1989) e estas são fundamentais para o desenvolvimento de uma melhor resposta imune (FIELD et al., 2002).

O vírus pode também ser transmitido durante o parasitismo do ácaro *V. destructor* nas abelhas (MOORE et al., 2014), sendo que em colônias infestadas pelo ácaro aproximadamente 100% das abelhas podem conter o vírus (GENERSCH, 2005). A associação do ácaro com o vírus reduz a variedade de cepas entre as populações de abelhas, favorecendo as cepas mais agressivas, que causam a infecção aguda (MARTIN et al., 2012). Os mecanismos moleculares que regulam a interação entre o vírus e o ácaro, bem como os processos de transmissão ainda não estão totalmente elucidados (TANTILLO et al., 2015).

No Brasil, o DWV foi registrado pela primeira vez em 2008, em abelhas oriundas de São Paulo (TEIXEIRA et al., 2008), sendo ainda encontradas abelhas sintomáticas para a infecção aguda no Brasil, com maior carga viral quando comparadas com as abelhas assintomáticas (BRETTELL et al., 2017).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o nível de infestação pelo ácaro *Varroa destructor*, correlacionando a presença deste parasita com a do vírus deformador de asas em colônias de *Apis mellifera* L.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAUX, C. et al. Diet effects on honeybee immunocompetence. **Biology Letters**, v.6, p.562-565, 2010.

ALLEN-WARDELL, G.; BERNHARDT, P.; BITNER, R.; BURQUEZ, A.; BUCHMANN, S.; CANE, P.; COX, A.; DALTON, A.; FEINSINGER, P.; INGRAM, M.; INOUYE, D.; JONES, C. E.; KENNEDY, K.; KEVAN, P.; KOOPOWITZ, H.; MEDELLIN, R.; MEDELLINMORALES, R.; NABHAN, G. P.; PAVLIK, B.; TEPEDINO, V.; TORCHIO, P.; WALKER, S. The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields. **Conservation Biology**, v.12 p.8–17, 1998.

ALMEIDA, M. A. D.; CARVALHO, C. M. S. Apicultura: Uma Oportunidade de Negócio Sustentável. **Sebrae: Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas**, Salvador. 2009.

AMDAM, G.V.; HARTFELDER, K.; NORBERG, K.; HAGEN, A.; OMHOLT, S.W. Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): a factor in colony loss during overwintering? **Journal of Economy Entomology**, v.97, p.741–747, 2004.

ANDERSON, D. L.; TRUEMAN, J. W. H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. **Experimental & Applied Acarology**, v.24, p.165-189, 2000.

BACHA-JÚNIOR, G. L.; FELIPE-SILVA, A.S.; PEREIRA, P.L.L. Taxa de infestação por ácaro *Varroa destructor* em apiários sob georreferenciamento. **Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.6, p.1471-1473, 2009.

BAKONYI, T.; FARKAS, R.; SZENDROI, A.; DOBOS-KOVACS, M.; RUSVAI, M. Detection of acute bee paralysis virus by RT-PCR in honey bee and *Varroa destructor* Weld samples: rapid screening of representative Hungarian apiaries. **Apidologie**, n.33, p.63–74, 2002.

BAILEY, L.; BALL, B. V. **Honey bee pathology**, 2nd ed. Academic Press, London, United Kingdom. 1991.

BENJAMIN, A.; MCCALLUM, B. **A world without bees**. New York, Estados Unidos. 2009.

BESHERS, S. N.; HUANG, Z. Y.; OONOA, Y. & ROBINSON, G. E. Social Inhibition and the Regulation of Temporal Polyethism in Honey Bees. **Journal of Theoretical Biology**, v.213, p.461-479, 2001.

BLANCHARD, P. et al. First detection of Israeli acute paralysis virus (IAPV) in France, a dicistrovirus affecting honeybees (*Apis mellifera*). **Journal of Invertebrate Pathology**, v.99, p.348-350, 2008.

BRETTELL, L. E.; MORDECAI, G. J.; SCHROEDER, D. C.; JONES, I. M.; DA SILVA, J. R.; VICENTE-RUBIANO, M.; MARTIN, S. J. A Comparison of Deformed

Wing Virus in Deformed and Asymptomatic Honey Bees. **Insects**, v.8, n.28, p.1-12, 2017.

BROWN, J. C. Responding to deforestation: productive conservation, the World Bank, and beekeeping in Rondonia, Brazil. **The Professional Geographer**, v.53, p.106-118, 2001.

CALDERONE, N. Evaluation of formic acid and a thymol-based blend of natural products for the fall control of *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) in colonies of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v.92, p.253-260, 1999.

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, p.e37235, 2012.

CARRECK, N.; WILLIAMS, I. The economic value of bees in the UK. **Bee world**, v.79, p.115-123, 1998.

CBA – Confederação Brasileira de Apicultura. **Brasil Apícola**. Disponível em: <<http://www.brasilapicola.com.br/brasil-apicola>>. Acesso em: 20/07/16.

CHEN, Y.; ZHAO, Y.; HAMMOND, J.; HSU, H.; EVANS, J.; FELDLAUFER, M. Multiple virus infections in the honey bee and genome divergence of honey bee viruses. **Journal of Invertebrate Pathology**, n.87, p.84–93, 2004.

CHEN, Y. P.; PETTIS, J. S.; COLLINS, A.; FELDLAUFER, M. F. Prevalence and transmission of honeybee viruses. **Applied and environmental microbiology**, v.72, p.606–611, 2006.

CLARKE, P. J. Habitat islands in fire-prone vegetation: do landscape features influence community composition?. **Journal of Biogeography**, v.29, p.677-684, 2002.

CLEMENTINO, D. C.; GALINDO, G. M.; MILFONT, M. O. Taxa de infestação da *Varroa destructor* em colônias de *Apis mellifera* L. no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.3, p. 177-181, 2016.

COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **The Globalization and Environment Reader**, v.5, p.117, 1997.

COX-FOSTER, D. L. et al. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. **Science**, v.318, p.283-287, 2007.

CRUZ-LANDIM, C. **Abelhas: Morfologia e função de sistemas**. São Paulo, Brasil. 2008.

DE GUZMAN, L.; RINDERER, T.; FRAKE, A. Growth of *Varroa destructor* populations in Russian Honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. **Annals of the Entomological Society of America**, v.100, p.187-195, 2007.

DEGRANDI-HOFFMAN, G. et al. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honeybees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Insect Physiology**, v.56, p.1184-1191, 2010.

DE MIRANDA, J. R. et al. The acute bee paralysis virus-Kashmir bee virus-Israeli acute paralysis virus complex. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.103, p.30-47, 2010.

DIETEMANN, V.; PFLUGFELDER, J.; ANDERSON, D.; CHARRIERE, J. D.; CHEJANOVSKY, N.; DAINAT, B.; DE MIRANDA, J.; DELAPLANE, K. *Varroa destructor*: research avenues towards sustainable control. **Journal of Apicultural Research**, v. 51, p. 125–132, 2012.

ELLIS, J. D.; MUNN, P. A. The worldwide health status of honeybees. **Bee World**, v.86, p.88, 2005.

EVANGELISTA, B. B. C. et al. Avaliação do nível de infestação pelo ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas *Apis mellifera* L. em Teresina, Piauí. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais...** Teresina, 2015.

FAO. **Agricultural production: primary crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 01 de junho 2016.

FREY, E.; SCHNELL, H.; ROSENKRANZ, P. Invasion of *Varroa destructor* mites into mitefree honeybee colonies under the controlled conditions of a military training area. **Journal of Apicultural Research**, v.50, n.2, p.138-144, 2011.

FIELD, C. J. et al. Nutrients and their role in host resistance to infection. **Journal of Leukocyte Biology**, v.71, p.16-32, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Pesquisa pecuária municipal**. IBGE (2017). Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74#notas-tabela>>. Acesso em: 12 de julho de 2019.

GARRATT, M. P. D. et al. Avoiding a bad apple, Insect pollination enhances fruit quality and economic value. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.184, p.34-40, 2014.

GARRIDO, C.; ROSENKRANZ, P.; PAXTON, R. J.; GONÇALVES, L. S. Temporal changes in *Varroa destructor* fertility and haplotype in Brazil. **Apidologie**, v.34, p.535-541, 2003.

GENERSCH, E. Development of a rapid and sensitive RT-PCR method for the detection of deformed wing virus, a pathogen of the honeybee (*Apis mellifera*). **Veterinary Journal**, v.169, p.121–123, 2005.

GENERSCH, E., VON DER OHE, W., KAATZ, H., SCHROEDER, A., OTTEN, C., BUCHLER, R., BERG, S., RITTER, W., MUHLEN, W. The German beemonitoring project: a long-term study to understand periodically high winter losses of honeybee colonies. **Apidologie**, v.41, p.332– 352, 2010.

GIANNINI, T. C. et al. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. **Journal of Economic Entomology** v.108, p.849-857, 2015.

GLINSKI, Z.; JAROSZ, J. Alterations in haemolymph proteins of drone honey bee larvae parasitized by *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, v.15, p.329-338, 1984.

GUERRA JR, J. C. V.; ISSA, M. R. C.; CARNEIRO, F. E.; STRAPAZZON, R.; MORETTO, G. RAPD identification of *Varroa destructor* genotypes in Brazil and other regions of the Americas. **Genetics and Molecular Research**, v.9, n.1, p.303-308, 2010.

GUIMARAES, N. P. **Apicultura, a ciência da longa vida**. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. 1989.

HÖLLDOBLER, B.; WILSON, E. O. **The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies**. New York, Estados Unidos. 2009.

HOU, C. S.; LI, B. B.; DENG, S.; DIAO, Q. Y. Effects of *Varroa destructor* on temperature and humidity conditions and expression of energy metabolism genes in infested honeybee colonies. **Genetics and Molecular Research**, v.15, n.3, p.1-13, 2016.

HUBERT, J. ERBAN, T.; KAMLER, M. Bacteria detected in the honeybee parasitic mite *Varroa destructor* collected from beehive winter debris. **J Appl Microbiol.**, v.119, p.640–54, 2015.

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

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 of London B: Biological Sciences**, v.281: 20132440.3, 2014.

KLEIN, A. M.; VAISSIERE, B. E.; CANE, J. H.; DEWENTER, I. S.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society**, v.274, p.303–313, 2007.

KRANTZ, G. W. **A manual of acarology**. 2. ed., Corvallis: Oregon State University, 1978.

KRAUS, B.; VELTHUIS, H. H. W. High humidity in the honey bee (*Apis mellifera* L.) brood nest limits reproduction of the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. **Naturwissenschaften**, v.84, p.217-218, 1997.

LANZI, G.; JOACHIM, R.; DE MIRANDA, J. R.; BONIOTTI, M. B.; CAMERON, C. E. Molecular and biological characterization of deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera* L.). **Journal of virology**, v.80, p.4998-5009, 2006.

LE CONTE, Y.; ELLIS, M.; RITTER, W. Varroa mites and honey bee health: can Varroa explain part of the colony losses?. **Apidologie**, v.41, p.353–363, 2010.

LE CONTE, Y.; NAVAJAS, M. Climate change: impact on honeybee populations and diseases. **Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties**, v.27, p.499-510, 2008.

LEGLER, L.; LAGO, A. CORONEL, D. A. A organização associativa no setor apícola: contribuições e potencialidades. **Organizações Rurais e Agroindustriais**, v.9, n.2 p. 151-163, 2007.

MATTILA, H. R.; OTIS, G. W. Effects of pollen availability and *Nosema* infection during the spring on division of labor and survival of worker honeybees (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Entomology**, v.35, p.708-717, 2006.

MARTIN, S. J. A population model for the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* in honeybee (*A. mellifera*) colonies. **Ecological Modeling**, v.109, p.267-281, 1998.

MARTIN, S. J. **The reproductive life history of *Varroa***, in: WEBSTER, T. C.; DELAPLANE, K. S. (Eds), *Mites of the honeybee*, p.131-148, Dadant Publicacion, 2001.

MARTIN, S. J. et al. Global honeybee viral landscape altered by a parasitic mite. **Science**, v.336, p.1304-1306, 2012.

MATIS, J. H. The spread of the Africanized honey (or 'killer') bee. **Biomedical Bulletin**, v.8, p.8-9, 1991.

MENZEL, R.; GIURFA, M. Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee. **Trends in cognitive sciences**, v.5, p.62-71, 2001.

MESSAGE, D.; TEIXEIRA, E. W.; DE JONG, D. **Polinizadores do Brasil: Situação da sanidade das abelhas no Brasil**. Disponível em: http://www.semabelhasalimenta.com.br/wp-content/uploads/2015/02/2012-Situacao-da-sanidade-das-abelhas-no-Brasil_-In-Polinizadores-do-Brasil.doc. Acesso em 21 de outubro de 2017.

MIRANDA J. R.; GENERSCH, E. Deformed wing virus. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.103, p.48-61, 2010.

MISTRO, D. C.; RODRIGUES, L. A. D.; FERREIRA, W. C. The Africanized honey bee dispersal: a mathematical zoom. **Bull. Math. Biol.** v.67, p.281–312, 2005.

MOORE, P. A.; WILSON, M. E.; SKINNER, J. A. **Honey Bee Viruses, the Deadly Varroa Mite Associates**. Department of Entomology and Plant Pathology, the University of Tennessee, Knoxville TN. Disponível em: http://www.extension.org/pages/71172/honey-bee-viruses-the-deadly-varroa-ite-associates#.VV5aI0_BzGc. Acesso em 21 de outubro de 2017.

MOCKEL, N.; GISDER, S.; GENERSCH, E. Horizontal transmission of deformed wing virus: pathological consequences in adult bees (*Apis mellifera*) depend on the transmission route. **Journal of General Virology**, v.92, p.370–377, 2011.

MOREIRA, S. B. L. C.; QUEIROZ, G. S.; CASTRO, H. A.; SOUZA, E. A.; PEREIRA, D. S.; HOLANDA-NETO, J. P. Infestação pelo ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no Semiárido potiguar, Nordeste do Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.12, n.1, p.143-149, 2017.

OLDROYD, B. P. What's killing American honey bees? **PLoS Biology**, v.5, p.1195–1199, 2007.

OTIS, G.W.; WINSTON, M. L.; TAYLOR, O. R. Engorgement and dispersal of Africanized honey bee swarms. **J Apic Res**, v.20, p.3-12, 1981.

PAREJA, L. et al. Detection of Pesticides in Active and Depopulated Beehives in Uruguay. **International journal of environmental research and public health**, v.8, p.3844-3858, 2011.

PASIN, L. E. V.; ANDRADE, T. M. J.; BARRETO, CARELLI, L. M. R. Análise da produção e comercialização de Mel natural no Brasil no período de 1999 a 2010. **Agroalimentaria**, v.18, n.34, p.29-42, 2012.

PEREIRA, F. de M.; VILELA, S. L. de O. **Estudos da cadeia produtiva do mel no estado de Alagoas**. Teresina: SEBRAE, 2003. 65 p.

PEGORARO, A.; ZILLER, S. R. Valor Apícola das Espécies Vegetais de duas Fases Sucessionais da Floresta Ombrófila Mista, em União da Vitória Paraná - Brasil. **Boletim de Pesquisa Florestal**, v.47, p.69-82, 2003.

PINTO, F. A.; PUKER, A.; BARRETO, L. M. R. C.; MESSAGE, D. The ectoparasite mite *Varroa destructor* Anderson and Trueman in southeastern Brazil

apiaries: effects of the hygienic behavior of Africanized honey bees on infestation rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.5, p.1194-1199, 2012.

PINTO, F.A. et al. *Varroa destructor* in Juquitiba, Vale do Ribeira, southeastern Brazil: seasonal effects on the infestation rate of ectoparasite mites on honey bees. **Sociobiology**, v.57, p.511-518, 2011.

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

RATNIEKS, F. L. W.; CARRECK, N. L. Clarity on honey bee collapse? **Science**, v.327, p.152-153, 2010.

REYBROECK W.; VAN VEEN, J. W.; GUPTA, A. editors. (eds.). **Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security**. Vol. 1: Technological Aspects of Beekeeping. Dordrecht: Springer. 2014.

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.103, p.1194-1199, 2010.

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

SCHNEIDER, S. S.; DEGRANDI-HOFFMAN G.; SMITH, D. R. The African honey bee: factors contributing to a successful biological invasion. **Annu. Rev. Entomol.** v.49, p.351–376, 2004.

SINGH, R.; LEVITT, A. L.; RAJOTTE, E. G.; HOLMES, E. C.; OSTIGUY, N. RNA Viruses in Hymenopteran Pollinators: Evidence of Inter-Taxa Virus Transmission via Pollen and Potential Impact on Non-*Apis* Hymenopteran Species. **PLOS ONE**, v.5, n.12, e14357, 2010.

SHEPPARD, W.S.; MEIXNER, M.D. *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia. **Apidologie** 34, 367–375, 2003.

SPIVAK M. et al. The plight of the bees. **Environmental Science and Technology**, v.45, p.34-38, 2011.

STRAPAZZON, R.; CARNEIRO, F.; GUERRA JR, J.; MORETTO, G. Genetic characterization of the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) collected from honeybees *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae) in the State of Santa Catarina, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v. 8, n. 3, p. 990-997, 2009.

STANDIFER, L. N. et al. Supplemental feeding of honey bee colonies. United States Department of Agriculture. **Agriculture Information Bulletin**, v.413, n.8, 1977.

TANTILLO, G.; BOTTARO, M.; DI PINTO, A.; MARTELLA, V.; DI PINTO, P.; TERIO, V. Infecções por vírus de abelhas *Apis Mellifera*. **Italian Journal of Food Safety**, v.4, n.3, p.5364, 2015.

TAYLOR JR, O. R. The Past and Possible Future Spread of Africanized Honeybees in the Americas. **Bee World**, v.58, 1977.

TEIXEIRA, E. W.; CHEN, Y.; MESSAGE, D.; PETTIS, J.; EVANS, J. D. Virus infection in Brazilian honey bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.99, p.117-119, 2008.

TEIXEIRA, E. W.; CHEN, Y. P.; MESSAGE, D.; BONCRISTIANI, H. F.; PETTIS, J. S.; EVANS, J. D. Israeli acute paralysis virus in Africanized honey bees in southeastern Brazilian apiaries. **Journal of Apicultural Research**, v.51, p.282-284, 2012.

TENTCHEVA, D.; GAUTHIER, L.; BAGNY, L.; FLEVET, J. Comparative analysis of deformed wing virus (DWV) RNA in *Apis mellifera* and *Varroa destructor*. **Apidologie**, v.37, p.41-50, 2006.

TRINDADE, M.S.A.; SOUZA, A.H.; VASCONCELOS, W.E.; FREITAS, R.S.; SILVA, A.M.A.; PEREIRA, D.S.; MARACAJÁ, P.B. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Mossoró, v.4, n.1, p. 1-10, 2004.

VanENGELSDORP, D.; UNDERWOOD, R.; CARON, D.; HAYES JR, J. An estimate of managed colony losses in the winter of 2006-2007: a report commissioned by the Apiary Inspectors of America. **American Bee Journal**, v.147, p.599-603, 2007.

VANENGELSDORP, D. et al. A survey of honeybee colony losses in the U.S., fall 2007 to spring 2008. **PLoS ONE**, v.3, p.407, 2008.

vanENGELSDORP, D.; EVANS, J. D.; SAEGERMAN, C.; MULLIN, C.; HAUBRUGE, E. Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. **PLoS ONE**, v.4, n.8, e6481, 2009.

VIDAL, M. F. **Evolução da produção de mel na área de atuação do BNB**. Caderno Setorial ETENE, ano 4, nº 62, 2019.

WATANABE, M. E. Pollination worries rise as honeybees decline. **Science**, n.265, p.1170–1170, 1994.

WILFERT, L. et al. Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by *Varroa* mites. **Science**, v.351, p.594-597, 2016.

WILLIAMS, I. H.; CORBET, S. A.; OSBORNE, J. L. Beekeeping, wild bees and pollination in the European Community. **Bee World**, v.72, n.4, p.170-180, 1991.

WILSON-RICH, N.; DRES, S.T.; STARKS, P.T. The ontogeny of immunity: Development of innate immune strength in the honeybee (*Apis mellifera*). **Journal of Insect Physiology**, v.54, p.1392–1399, 2008.

WINSTON, M.L. The inside story: internal colony dynamics of Africanized bees. In: SPIVAK, M.; FLETCHER, D.J.C.; BREED, M.D. (ed). The African honey bee. San Francisco, USA. **Westview**, p. 201-213, 1991.

WINSTON, M. L. The biology and management of africanized honeybees. **Annual Review Entomology**, v.37, p.173-93, 1992.

WINSTON, M. L. **A biologia da abelha**. Porto Alegre: Magister, 2003. 276 p.

YUE, C.; SCHRODER, M.; GISDER, S.; GENERSCH, E. Vertical transmission routes for deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera*). **The Journal of General Virology**, v.88, p.2329–2336, 2007.

ARTIGO 1

ABELHAS AFRICANIZADAS E O ÁCARO *Varroa destructor* NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO¹

¹Artigo submetido ao Comitê Editorial do periódico científico *Journal of Apicultural Research*.

Abelhas africanizadas e o ácaro *Varroa destructor* no Semiárido brasileiro

Resumo: Anualmente diversos enxames de abelhas africanizadas (AHB) (*Apis mellifera*) migram pelo semiárido brasileiro e estabelecem suas colônias em locais com condições favoráveis, evitando áreas secas ou desmatadas. O clima pode desempenhar um papel importante para as abelhas nesta região, uma vez que os períodos de disponibilidade de alimento no semiárido são altamente dependentes das chuvas. Foram estudadas colônias de AHB e ácaros *Varroa destructor*, avaliando o desenvolvimento da população de abelhas e taxas de infestação de ácaros por períodos secos e chuvosos durante um ano. Os coeficientes de correlação canônicos quadrados confirmaram a hipótese proposta por este trabalho, indicando que os parâmetros ambientais e as taxas de infestação de *V. destructor* não foram independentes e mostraram relações intergrupais. Observou-se correlação positiva entre umidade e população de crias. A alta umidade no semiárido indica a presença de chuvas e abundância de plantas em floração, diferindo do período de chuvas em áreas tropicais, onde os recursos vegetais são menos disponíveis. As colônias de AHB geralmente fogem da região semiárida na estação seca. Este é o primeiro estudo a avaliar o comportamento de colônias e as taxas de infestação de *V. destructor* nesta região durante um ano. Este trabalho evidenciou que, embora seja possível suprimir o comportamento de fuga de AHB nesta região, as taxas de infestação de *V. destructor* podem aumentar a um nível que comprometa a sobrevivência da colônia.

Palavras-chave: *Apis mellifera*, Desenvolvimento de abelhas, Varroatose.

Africanized honey bee and *Varroa destructor* mite in Brazilian semiarid climate

Abstract: Every year, swarms of Africanized honey bee (AHB) (*Apis mellifera*) travel across the Brazilian semiarid, and establish their colonies when conditions are favorable or abscond the area when drought changes the landscape. We studied AHB colonies and *Varroa destructor* mite, evaluating the development of honey bee population and mite infestation rates through dry and rainy periods during a year. The weather may play an important role to AHB in this region, since that blossom periods in the semiarid is highly dependent on rainfall. The squared canonical correlation coefficients confirmed our hypothesis, indicating that environmental parameters and *V. destructor* infestation rates were not independent and showed intergroup relationships. We observed a positive correlation between humidity and brood population. High humidity in the semiarid indicates the presence of rainfall and abundance of blooming plants, differing from the rainfall period in tropical areas where plant resources are less available. The AHB colonies usually abscond the semiarid region in the dry season. This is the first study to evaluate colony behavior and *V. destructor* infestation rates in this region during a year. Our study shows that, although it is possible to suppress AHB absconding behavior in this region, the infestation rates of *V. destructor* may increase to a level that compromises the colony survival since this presence a low level of brood rearing and a high brood infestation of mites.

Keywords: *Apis mellifera*, honey bee development, Varroosis.

Introdução

A abelha africanizada (AHB) é um inseto polihíbrido originado do acasalamento de rainhas européias com zangões africanos (Schneider et al., 2004). No Brasil, o primeiro acasalamento destas abelhas teve início no estado de São Paulo em 1956 (Winston, 1992). Em seguida colônias AHB se espalharam pelas Américas, com enxames viajando de 300 a 500 km por ano (Otis et al. 1981). Hoje, toda a produção de mel no Brasil é atribuída à AHB (Correia-Oliveira et al., 2018).

Os primeiros estudos sobre o desenvolvimento de colônias AHB datam da década de 1980, mostrando a diferença desta em relação a abelha européia (EHB): menos armazenamento de mel, menores taxas de crescimento das populações trabalhadoras, menor sobrevivência de crias e adultos em relação às abelhas africanizadas, bem como estrutura etária diferente das colônias de AHB (Otis et al., 1981).

Outra característica da AHB é o comportamento de migração, quando as condições não são adequadas para a sobrevivência da colônia (Winston, 1992), o que pode ser um problema no semiárido brasileiro, com média anual de precipitação de 800 mm, índice de aridez igual ou menor que 0,50, e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (Brasil, 2017). No Brasil, o semiárido abrange 982.566 Km², a maior região semiárida do mundo (Baptista & Campos, 2013). A produção de mel nesta área é uma importante fonte de renda para muitos agricultores. Esta região é a segunda maior área no Brasil para a produção de mel, representando 26,1% do total de mel produzido no país em 2016 (IBGE, 2016).

No semiárido brasileiro, o ácaro *Varroa destructor* (Anderson & Trueman) parasita colônias de AHB. O *V. destructor* é um ácaro cosmopolita (Wilfert et al., 2016), detectado pela primeira vez no Brasil em 1978 (De Jong et al., 1984), causador da varroose, doença cujos sintomas são determinados pelo nível de infestação e infecções secundárias (Boecking & Genersch, 2008). O ácaro se alimenta da gordura corporal de seu hospedeiro (Ramsey et al., 2019), reduzindo a vida útil dos insetos, além de ser responsável pela transmissão de alguns vírus (Martin et al., 2012; Moore et al., 2014; Wilfert et al., 2016) e bactérias (Hubert et al., 2015).

A cada ano, enxames de AHB migram no semiárido brasileiro e estabelecem suas colônias em condições adequadas ou fogem da região quando a seca compromete suas colônias. Foram estudadas colônias de AHB e ácaros *V. destructor*, avaliando o crescimento da população de abelhas e taxas de infestação pelo ácaro durante os períodos seco e chuvoso durante um ano.

Material e métodos

Local de estudo e obtenção das amostras

O estudo foi realizado em 12 colônias de abelhas africanizadas pertencentes a um apiário localizado na região semiárida ($10^{\circ}40'46''\text{S}$, $38^{\circ}27'25''\text{W}$) no Estado da Bahia, Brasil (Figura 1). O apiário tinha apenas as colônias no experiment, distante aproximadamente 2 Km de outros apiários.

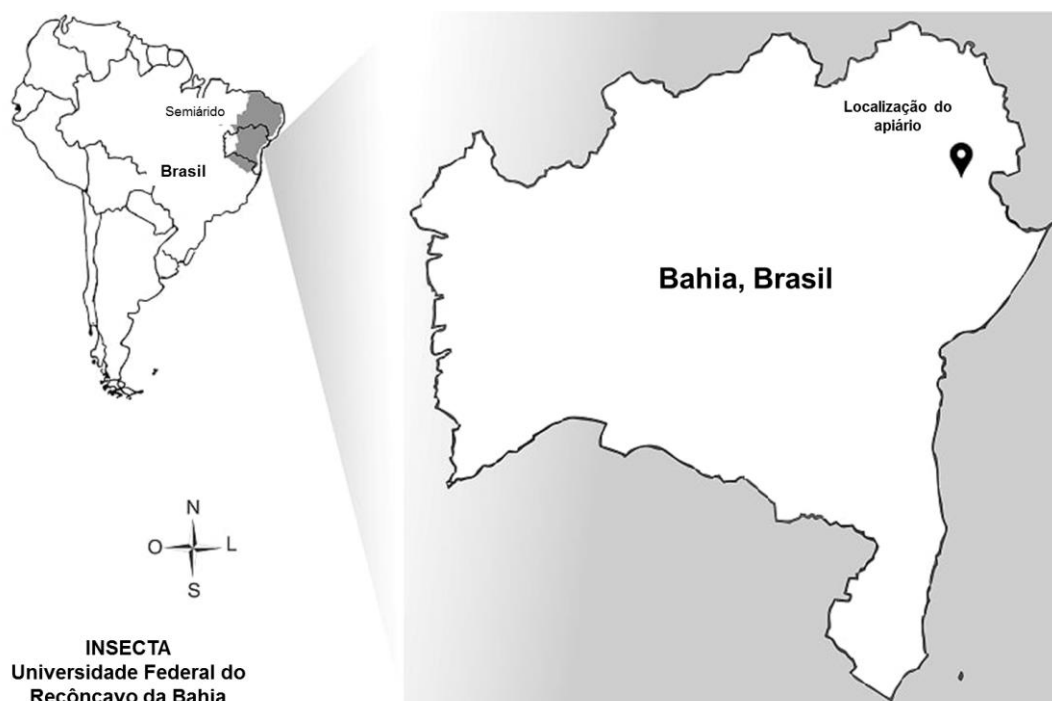


Figura 1. Mapa da América do Sul com destaque para a região semiárida brasileira (cinza escuro) e a localização do apiário no município de Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil.

As colônias utilizadas eram de origem silvestre e foram capturadas no início do experimento para garantir as mesmas condições a todas as colônias (populações adultas). No Brasil não é comum a venda de abelhas. As colônias

AHB tinham informações desconhecidas sobre a idade das colônias e das rainhas (a rainha enxame não foi substituída para este trabalho). Além disso, não houve tratamento para o controle do ácaro *V. destructor*. Como a região é muito seca e as condições ambientais não são adequadas para manutenção das colônias em alguns meses do ano, fornecemos água e xarope de açúcar (concentração 1 v/v) semanalmente, ao longo da estação seca, usando o alimentador Boardman (aproximadamente 4L mensais por colônia). Nenhum quadro de crias ou alimento foi trocado entre colônias. O experimento foi realizado no período de janeiro e dezembro de 2016.

Avaliação de populações adultas e crias de abelhas

O protocolo descrito por Delaplane et al. (2013) foi adotado para estimar a população adulta de abelhas. Foi utilizada colmeia do tipo de de Langstroth (diferindo da informação de Delaplane et al. (2013)). Em virtude disso, foi necessária a “calibração” do número de abelhas por lado do quadro, antes de iniciar a avaliação. Para realizar a calibração, foram fotografados 10 quadros do ninho (43x22,5 cm em cada face) e melgueira (43x12,5 cm de cada face) da colmeia, cobertos de abelhas, e contadas as abelhas. A média de 100% de abelhas cobrindo uma face do quadro de ninho tinha 1300 abelhas e de melgueira, 600 abelhas. Para avaliar a área de cria, o quadro do ninho foi fotografado e o número de crias contado usando o software Image J. A estimativa de abelhas adultas e registro fotográfico da área de cria por colônia foi realizada mensalmente em 12 colônias.

Avaliação da infestação por *Varroa destructor* em colônias de abelhas africanizadas

As colônias não foram artificialmente infestadas com o ácaro *V. destructor*. A presença de ácaros nas colônias foi confirmada depois que as colônias foram estabelecidas no apiário. A avaliação da infestação pelo ácaro em abelhas adultas e crias foi realizada mensalmente.

Para avaliar o nível de infestação em adultas, cerca de 300 abelhas por colônia foram coletadas da área central da colônia. Em seguida foram mortas rapidamente e mantidas em álcool absoluto (99,6%) para posterior separação de

abelhas e ácaros (se os ácaros fossem encontrados). O nível de infestação por colônia foi determinado pela divisão do número de ácaros pelo número de abelhas e multiplicado por 100 (Dietemann et al., 2013).

As taxas de infestação pelo ácaro em crias foram determinadas pela análise de uma área de 10x10 cm de favo por colônia. O nível de infestação foi determinado pela divisão do número de ácaros pelo número de pupas e multiplicado por 100 (Dietemann et al., 2013).

Parâmetros climáticos

As médias mensais de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar do apiário foram obtidas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão responsável pelo monitoramento do clima no Brasil (INMET, 2016).

Análises estatísticas

Dados de 10 colônias foram utilizados nas análises estatísticas, uma vez que duas colônias foram perdidas no quinto mês de avaliação.

Os dados foram testados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (teste de Levene) e, como os dados não apresentaram normalidade, foram utilizados os testes não paramétricos. Os valores de α foram corrigidos por Bonferroni para os testes não paramétricos considerando múltiplas comparações. Em seguida, o teste U de Mann-Whitney foi realizado para comparar os períodos de estudo (seco e chuvoso), bem como as diferenças das infestações pelos ácaros em abelhas adultas e crias. Também foi realizado o teste de Kruskal-Wallis para comparar a diferença mensal de infestação por *Varroa* entre adultos e crias de abelhas.

A análise de correlação canônica (ACC) foi realizada para avaliar a relação multivariada entre os dois conjuntos de variáveis (U e V). Primeiro, os dados foram padronizados usando a seguinte fórmula: $z = \frac{x - \bar{x}}{s}$, onde z é o valor padronizado de x , \bar{x} é a média da variável e s é o desvio padrão. A padronização foi necessária devido à presença de diferentes unidades de medida entre as variáveis estudadas.

O grupo U (variáveis preditivas ou independentes) foi formado pelas

características ambientais (umidade e precipitação), e o grupo V (variáveis dependentes) foi representado pela infestação pelo ácaro *V. destructor*. A multicolinearidade entre as variáveis foi testada pelo fator de inflação de variância (IFV) e as variáveis com valores de multicolinearidade de 10 ($VIF > 10$) foram removidas da análise (temperatura, por exemplo). A multicolinearidade foi usada porque pode aumentar as estimativas das variâncias dos coeficientes e influenciar a significância das funções canônicas (Belsley et al., 1980). Esta correlação canônica também revela os valores de carga e visa maximizar a correlação entre grupos de variáveis, fornecendo informações sobre as variáveis mais importantes na variável canônica (Neisse & Hongyu, 2017).

As análises foram realizadas utilizando os pacotes *candisc* (Friendly & Fox, 2017), *vegan* (Oksanen et al., 2018) e *agricolae* (Mendiburu, 2019) do software de fonte aberta R versão 3.5.1 (R Core Team, 2018).

Resultados

Desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas na região semiárida

No local estudado, a população adulta de AHB variou de 2.800 (janeiro) a 53.690 (setembro) e a média de 5.878 a 24.250 indivíduos por colônia. A quantidade de cria observada por colônia variou de ausência (outubro, novembro e dezembro em algumas colônias) e 22.778 (fevereiro) e médias de 1.001 (outubro) a 11.302 (fevereiro) crias por colônia (Tabela 1). A média de abelhas adultas e de crias operculadas foi semelhante em janeiro e fevereiro, e em junho e julho (Figura 2) concordando com o aumento de chuva e umidade na região (Figura 3).

Células de crias de zangões foram observadas de junho a dezembro; no entanto, nem todas as colônias produziram crias de zangões (Tabela 2) mesmo no período chuvoso (considerado o período de colheita nesta região). O comportamento de abandono foi observado em duas colônias, no mês de maio.

As observações mensais das condições ambientais e características das colônias das abelhas africanizadas na região foram descritas na Tabela 3.

Tabela 1. Média e desvio padrão da população de abelhas africanizadas da região semiárida (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

População de abelhas	Meses de 2016												Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Adultas	5.878,5 ± 1.887,3 ^g	13.085,0 ± 4.556,2 ^{bcd}	7.847,5 ± 2.493,5 ^{fg}	9.197,1 ± 3.840,3 ^{efg}	10.199,6 ± 3.365,9 ^{def}	11.874,8 ± 5.805,2 ^{cdef}	16.560,0 ± 6.635,8 ^{abc}	23.052,0 ± 9.118,1 ^a	24.250,0 ± 12.713,1 ^a	20.632,0 ± 9.636,3 ^{ab}	18.005,0 ± 8.342,8 ^{abc}	15.879,0 ± 9.092,2 ^{bcd}	14.705,0 ± 8.980,12
	Crias	10.359,5 ± 5.294,2 ^{ab}	11.302,2 ± 3.067,2 ^a	1.694,9 ± 1.573,2 ^{cd}	1.031,6 ± 555,6 ^{cd}	2.700,7 ± 1.278,7 ^c	8.625,2 ± 3.544,3 ^{ab}	10.852,0 ± 6.679,4 ^{ab}	8.542,0 ± 3.222,5 ^{ab}	7.627,2 ± 4.715,5 ^b	1.001,2 ± 1.674,2 ^d	3.266,0 ± 3.793,3 ^c	1.570,2 ± 2.280,1 ^{cd}

As médias seguidas pela mesma letra (em linhas) são semelhantes pelo teste U de Mann-Whitney a 5% de probabilidade.

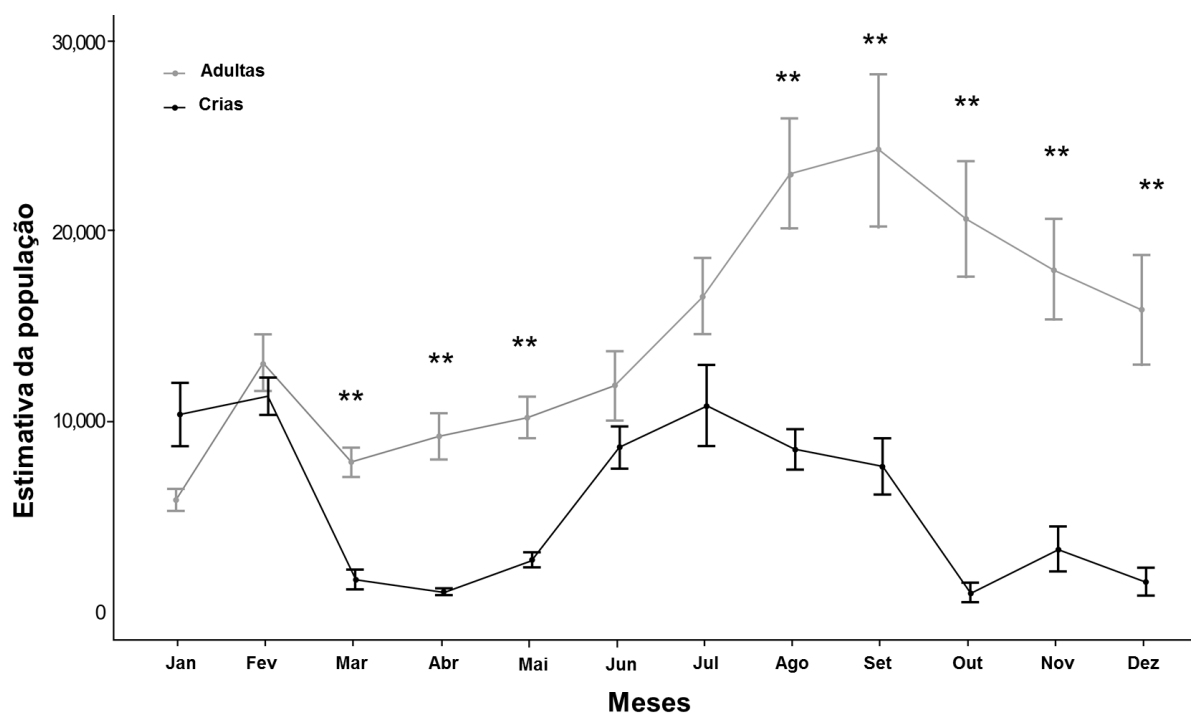


Figura 2. Média mensal da população de abelhas africanizadas de colônias no semiárido (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

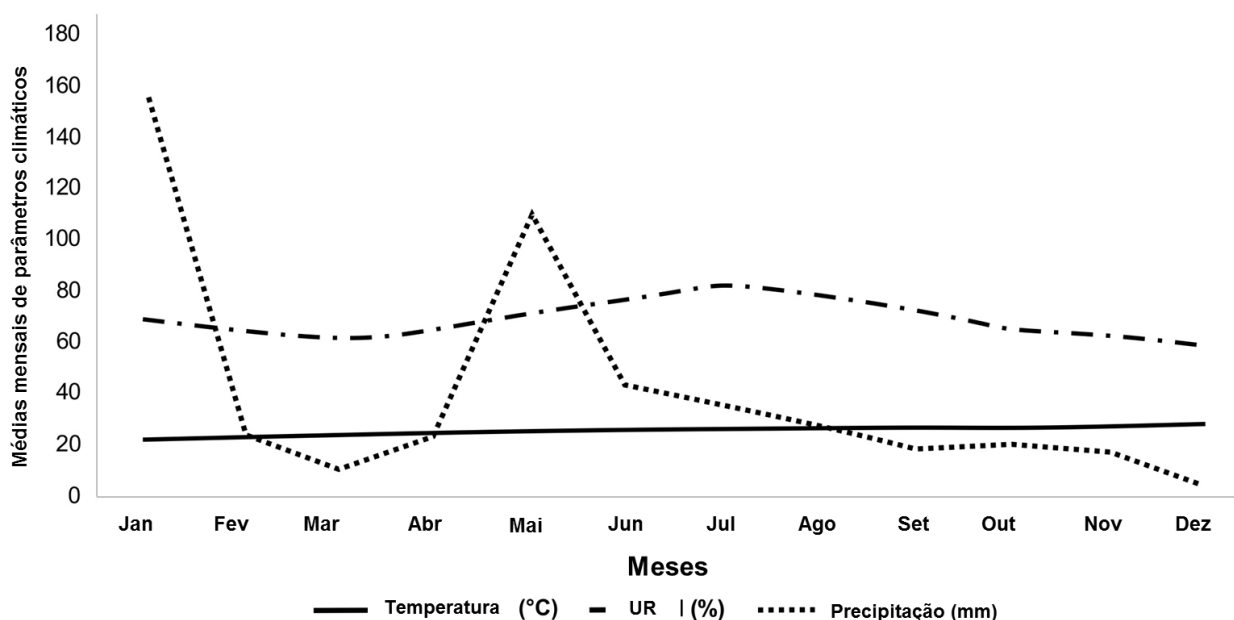


Figura 3. Condições ambientais no semiárido brasileiro (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil) durante o um ano de estudo. UR= Umidade relativa do ar.

Tabela 3. Observações mensais das condições ambientais e características das colônias de abelhas africanizadas na região semiárida (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

Meses	Características ambientais e das colônias
Janeiro	Mês com características ambientais atípicas, com chuvas e abundância de pólen e néctar. As colônias de AHB não foram alimentadas.
Fevereiro	Por causa das chuvas em janeiro, fevereiro ainda tinha presença de plantas com pólen e néctar. As colônias não foram alimentadas. Todas as colônias apresentaram um bom número de células de crias de operárias.
Março	Ausência de chuva e plantas em floração. As colônias começaram a reduzir o número de células de cria de operárias.
Abril	Ausência de chuva e plantas em floração. As colônias continuaram a reduzir o número de células de cria de operárias e não apresentaram armazenamento de alimentos. Como precaução, para evitar o comportamento de fuga, foi iniciada a alimentação artificial (alimento energético composto de 1:1 partes de açúcar e água) para colônias de AHB.
Maio	Início da estação chuvosa. As plantas começaram a produzir flores, o que ajudou as colônias a aumentarem a produção de crias, portanto, a alimentação artificial não era mais necessária. Duas colônias foram perdidas (2 de 12 colônias).
Junho	Estação chuvosa com bom fluxo de néctar e pólen. As colônias continuam aumentando o número de células de cria, surgindo crias de zangões (2 colônias de 10). Sem alimentação artificial para colônias.
Julho	Estação chuvosa com bom fluxo de néctar e pólen. As colônias continuam aumentando o número de células de cria e a presença de células de zangões (3 em 10 colônias). Sem alimentação artificial para colônias.
Agosto	Ausência de chuva, porém a presença de boa pastagem com abundância de néctar e pólen. As colônias apresentavam-se fortes e com um bom número de células de cria de operárias e presença de células de zangões (2 de 10 colônias). Sem alimentação artificial para colônias.
Setembro	Ausência de chuva, com tempo quente e seco. Colônias começando a declinar. Presença de células de zangões (4 de 10 colônias).
Outubro	Ausência de chuva com tempo quente e seco. Colônias em declínio. Como precaução, para evitar o comportamento de fuga, foi iniciada a alimentação artificial (alimento energético composto de 1: 1 partes de açúcar e água) para colônias de AHB.
Novembro	Ausência de chuva, com tempo quente e seco. Colônias em declínio, mesmo com a continuação da alimentação artificial; presença de células de ninhada de drones (1 em 10 colônias, mas a colônia estava sem rainha).
Dezembro	Ausência de chuva com tempo quente e seco. Colônias em declínio, mesmo com a continuação da alimentação artificial; presença de células de ninhada de drones (1 de 10 colônias, mas a colônia estava sem rainha).

Interação entre abelhas africanizadas e *V. destructor*

Todas as colônias foram naturalmente infestadas com *V. destructor*, com taxas de infestação variando de 1,4 a 9,8% em adultos, e 1,7 a 11,9% em crias (Tabela 4). As taxas de infestação foram semelhantes, exceto maio e junho (Figura 4). Foram observadas diferenças estatísticas ($p \leq 0,001$) na infestação apenas entre a população adulta, quando o período estudado foi dividido em estações seca e chuvosa (Figura 5).

Tabela 4. Média e desvio padrão das taxas de infestação de *Varroa destructor* (%) em população de abelhas AHB (adultas e crias) durante um ano no semiárido (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

População de abelhas	Meses de 2016												Média
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
VR¹ Adultas	3,0± 1,4 ^{cdef}	1,6± 1,1 ^f	3,5± 2,3 ^{cde}	1,75± 1,4 ^{def}	1,8± 1,5 ^{ef}	1,4± 0,7 ^f	2,1± 2,0 ^{ef}	3,3± 1,9 ^{bcd}	4,0± 5,5 ^{cdef}	5,9± 4,6 ^{abc}	8,6± 6,8 ^{ab}	9,8± 4,3 ^a	3,9± 4,2
VR Crias	3,8± 2,7 ^{cdef}	1,7± 1,3 ^e	2,6± 1,3 ^{cde}	2,1± 1,8 ^{de}	6,8± 6,7 ^{bc}	5,4± 5,2 ^{bcd}	4,9± 3,1 ^{bc}	4,9± 3,7 ^{bcd}	6,3± 7,3 ^{bcd}	7,5± 3,1 ^{ab}	6,5± 5,0 ^{bc}	11,4± 4,6 ^a	5,1± 5,0

¹VR= Taxa de infestação de *Varroa destructor*. As médias seguidas pela mesma letra (na linha) são semelhantes pelo teste U de Mann-Whitney a 5% de probabilidade.

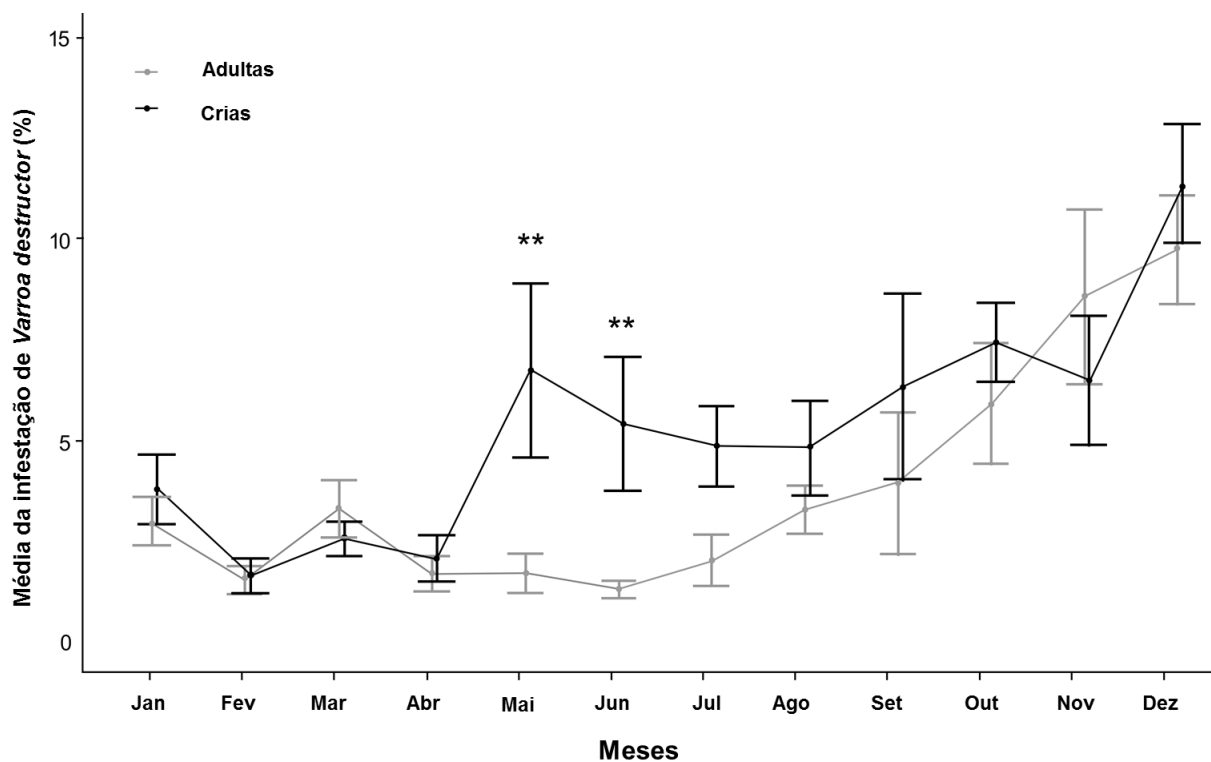


Figura 4. Médias mensais da infestação por *Varroa destructor* em colônias de abelhas africanizadas no semiárido (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

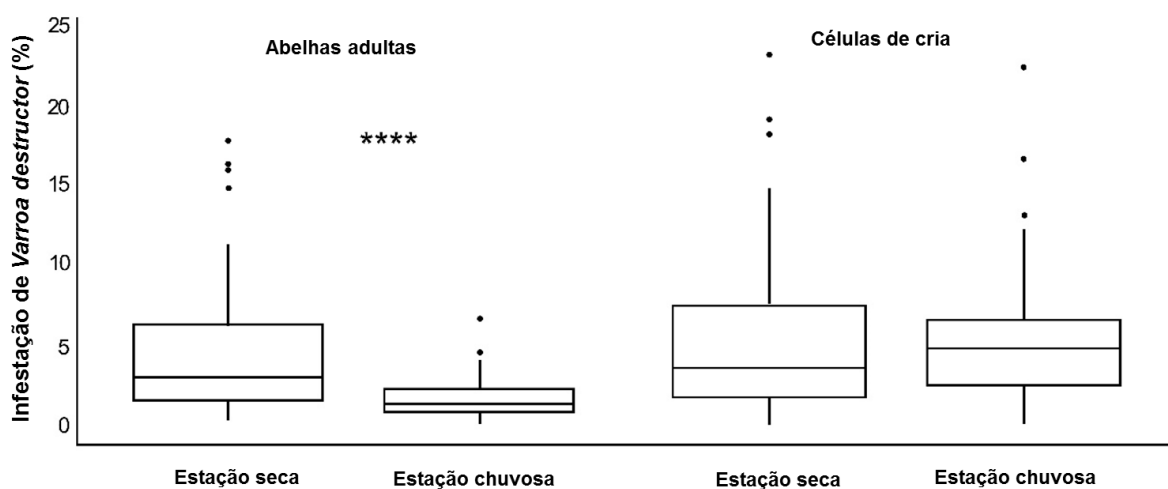


Figura 5. Teste U de Mann-Whitney (****, $p < 0,0001$) comparando as taxas de infestação de *Varroa destructor* em adultos de *Apis mellifera* africanizados (lado esquerdo) e células de cria (lado direito) entre a estação seca e chuvosa na região semiárida (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

Influência das características ambientais

A correlação canônica estimada entre as variáveis (parâmetros ambientais ou U; população AHB e taxas de infestação de *V. destructor* ou V) foi estatisticamente significativa ($p \leq 0,001$), apresentando correlação de 0,55 (U) e 0,45 (V) (Tabela 5).

A primeira função canônica representou 84,9% da variância de cada variável original do grupo dependente V_1 , explicada pela variável independente U_1 (variáveis ambientais). A segunda função canônica representou 73,1% de cada variável original do grupo dependente de V_2 explicada pela variável independente U_2 (precipitação pluviométrica) (Tabela 6). A carga cruzada (Tabela 6) confirmou a alta correlação entre as variáveis canônicas. O preditor mais importante em U_1V_1 foi umidade (carga: -0,91), seguida de precipitação pluviométrica (carga: -0,59), os quais contribuíram para as taxas de infestação pelo *V. destructor* em adultos de AHB ($r = 0,66$) e quantidade de cria ($n = -0,89$). Para as variáveis em U_2V_2 , o preditor mais importante foi a precipitação pluviométrica (carga: -0,80) afetando as taxas de infestação pelo *V. destructor* em crias de AHB ($r = 0,21$) e a população de abelhas adultas ($r = 0,98$) (Tabela 6).

Tabela 5. Resumo dos resultados da análise de correlação canônica das taxas de infestação por *Varroa destructor* em populações adultas e crias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* e parâmetros ambientais no semiárido (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

Par canônico Variável	Correlação Canônica	Correlação canônica quadrada	Autovalor	F	Probabilidade $Pr > F$	Índice de redundância
U_1V_1	0,547	0,316	0,461	10,039	5,694e-12	0,151
U_2V_2	0,448	0,201	0,251	9,636	1,002e-05	0,269

Tabela 6. Correlações canônicas entre as variáveis, variáveis canônicas relacionadas (cargas canônicas) e variáveis canônicas (cargas canônicas cruzadas) para os parâmetros ambientais, população das colônias de abelhas africanizadas (AHB) (crias e adultas) e taxa de infestação por *Varroa destructor* (em crias e adultas) na região semiárida (Ribeira do Pombal, Bahia, Brasil).

Variáveis	Cargas		Cargas cruzadas	
	U_1V_1	U_2V_2	U_1V_1	U_2V_2
Variáveis independentes (U)				
Umidade relativa do ar	-0,914	0,405	-0,514	0,182
Precipitação pluviométrica	-0,595	-0,803	-0,335	-0,360
Variáveis dependentes (V)				
Infestação em crias de AHB	0,144	0,208	0,081	0,093
Infestação em adultas de AHB	0,664	0,034	0,373	0,015
População de adultas de AHB	-0,049	0,977	-0,028	0,438
População de crias de AHB	-0,893	0,168	-0,502	0,075

Números em negrito indicam correlação de variáveis.

Discussão

Neste estudo, avaliamos o desenvolvimento de colônias de AHB e a interação com ácaros *V. destructor* durante um ano no semiárido brasileiro, uma área que é maior que os países da França e da Itália juntos.

Observamos que enxames de AHB em fundação apresentaram populações (média 2.800 adultos) menores que enxames em áreas tropicais úmidas (Winston, 1987), colônias EHB (Harbo, 1986; Lee & Winston, 1987) e estudos anteriores sobre colônias AHB (Winston et al., 1981, Lee & Winston, 1987). A pequena população de colônias pode ser atribuída a frequentes fugas dos enxames na região semiárida. O abandono ocorre quando a colônia é perturbada ou quando as condições ambientais são desfavoráveis para o desenvolvimento do enxame (Abou-Shaara et al., 2017). Na região semiárida, as colmeias são altamente dependentes das condições ambientais para sobreviver, fugindo no período seco e retornando à região no período chuvoso (Freitas et al., 2007). Essa dependência de colônias de AHB em condições ambientais foi confirmada no período de desenvolvimento das colônias utilizadas neste estudo (Figuras 2-3), sendo que a população diminui enquanto o ambiente se torna mais seco. No entanto, populações de AHB podem aumentar rapidamente com a ocorrência de chuva, como observado em janeiro (Figuras 2-3).

Curiosamente, as células dos zangões não foram observadas em todas as colônias, mesmo na estação chuvosa (considerado o período de colheita nesta área). Em abelhas africanas, o pico de produção de zangões está associado ao período de maior produção das colônias (Schneider e McNally, 1994); no entanto, o tamanho da colônia também pode influenciar a produção de zangões, já que uma colônia com pequena população pode ter recursos limitados (Winston, 1987). Os recursos vegetais são geralmente reduzidos na região semiárida, o que poderia ser um fator limitante nas colônias estudadas, pois as abelhas AHB podem produzir zangões durante todo o ano (Rinderer et al., 1987).

O abandono de enxames foi observado em duas das 12 colônias, no quinto mês do experimento. Essas duas colônias apresentaram comportamento semelhante às observações de Winston et al. (1979), com redução drástica da população de crias. Além disso, a fuga de colônias ocorreu durante o período típico de fuga em regiões tropicais (entre março e julho). Nas regiões tropicais, a fuga de colônias variou de 21 a 31% e abaixo de 20% das colônias evacuadas. No entanto, para evitar o comportamento de fuga, precisamos introduzir alimentos artificiais e água durante os meses secos. Os apicultores não tendem a manter as colônias durante o período seco, devido ao trabalho extra, aos custos e à abundância de enxames no início da estação chuvosa.

Destacamos que todas as colônias AHB foram naturalmente infestadas com ácaros *V. destructor*, embora as taxas de infestação fossem consideradas baixas em AHB (Correia-Oliveira et al., 2018) e poderiam ser atribuídas ao frequente comportamento de enxameamento dessa abelha (Otis, 1991). Além disso, houve similaridade entre os padrões de infestação para crias e adultos de AHB durante a maioria dos meses estudados, exceto em maio e junho, quando as taxas de infestação por *V. destructor* foram maiores nas crias de AHB (Figuras 2 e 4), concordando com as taxas de infestação observadas no período chuvoso na região semiárida (Figura 3).

Um padrão diferente foi observado nas taxas de infestação por ácaros de crias e adultos de AHB no México (Mondragón et al., 2005; Medina et al., 2002), onde nenhuma diferença entre as taxas de infestação de ácaros foi observada para crias e adultos de AHB. Curiosamente, o maior número de ácaros em adultos e crias de AHB foi observado em dezembro (Figura 4), quando um menor

número de crias operculadas estavam disponíveis (Figura 2) para o ácaro parasita. Resultado semelhante foi observado em AHB nos Estados Unidos (DeGrandi-Hoffman et al., 2016) em dezembro, com a diferença de que a temporada de outono nos Estados Unidos coincide com o período de primavera no Brasil

As condições climáticas podem desempenhar um papel importante em populações de AHB nesta região, uma vez que os eventos de florescimento das plantas no semiárido são altamente dependentes das chuvas. Nossa hipótese foi confirmada pelos coeficientes de correlação canônica ao quadrado (r^2), que indicam que os parâmetros ambientais e as taxas de infestação de *V. destructor* não foram independentes, mostrando relações intergrupais. Observamos uma correlação positiva entre umidade e população de crias. No semiárido, a alta umidade relativa do ar indica a ocorrência de chuvas e abundância de flores, o que difere do período chuvoso em regiões tropicais, onde os recursos vegetais são menos disponíveis (Winston, 1980).

Os parâmetros ambientais podem influenciar as colônias de AHB, uma vez que afetam a disponibilidade de alimentos, prejudicando as taxas de infestação de *V. destructor* em regiões secas (Medina-Flores et al., 2014). Esta informação foi confirmada pela análise de correlação canônica, que mostrou uma correlação negativa entre a quantidade de crias e as taxas de infestação em abelhas adultas e esta correlação apresentou uma relação de inversão onde colônias com maiores taxas de infestação por *V. destructor* mostraram maior decréscimo das populações de crias.

Portanto, as colônias de AHB na região semiárida normalmente desaparecem na estação seca. Este é o primeiro estudo a avaliar o comportamento de colônias e as taxas de infestação de *V. destructor* durante um ano nesta região.

Referências Bibliográficas

Abou-Shaara, H.F., Owayss, A.A., Ibrahim, Y.Y., Basuny, N.K. (2017). A review of impacts of temperature and relative humidity on various activities of honey bees. *Insectes Sociaux*, 64, 455–463.

Belsley, D.A., Kuh, E. & Welsch, R.E. (1980). *Regression diagnostics: Identifying influential data and sources of collinearity*. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey.

Baptista, N.Q. & Campos, C.H. (2013). Caracterização do Semiárido Brasileiro. In: Conti, I.L., Schroeder, E.O. (Org.). *Convivência com o Semiárido Brasileiro: Autonomia e Protagonismo Social*. Sustainable Environmental Institute of Brazil, 45-50.

Boecking, O. & Genersch, E. (2008). Varroosis – the ongoing crisis in bee keeping. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* 3, 221–228.

Brasil. (2017). Ministry of National Integration. Resolution n.107 of July 27, 2017. Establishes technical and scientific criteria for delimitation of the Brazilian Semi-Arid and procedures for reviewing its scope. *Official Union Daily* 13/09/2017, 176(1), 48.

Correia-Oliveira, M.E., Mercês, C.C., Mendes, R.B., Neves, V.S L., Silva, F.L., & Carvalho, C.A.L.De. (2018). Can the Environment Influence Varroosis Infestation in Africanized Honey Bees in a Neotropical Region? *Florida Entomologist*, 101(3), 464–469.

De Jong, D., Steiner, J., Gonçalves, L.S., Morse, R.A. (1984). Brazilian Varroa research rates current treatments too expensive. *American Bee Journal*, 124(2), 111-112.

DeGrandi-Hoffman, G., Ahumada, F., Zazueta, V., Câmaras, M., Hidalgo, G., deJong. E.W. (2016). Population growth of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) in honey bee colonies is affected by the number of foragers with mites. *Experimental and Applied Acarology*, 69(1), 21-34

Delaplane, K., Van der Steen, J. & Guzman-Novoa, E. (2013). Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies, *Journal of Apicultural Research*, 52, 1-12.

Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S.J., Anderson, D.L., Locke, B., Delaplane, K.S., Wauquiez, Q., Tannahill, C., Frey, E., Ziegelmann, B., Rosenkranz, P., Ellis, J.D. (2013). Standard methods for varroa research, *Journal of Apicultural Research*, 52(1), 1-54.

Friendly, M. & Fox, J. (2017). candisc: Visualizing Generalized Canonical Discriminant and Canonical Correlation Analysis. *R package version 0.8-0*. <https://CRAN.R-project.org/package=candisc>.

Freitas, B.M., Sousa, R. M. & Bomfim, I.G.A. (2007). Absconding and migratory behaviors of feral Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in NE Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 29(4), 381-385.

Harbo, J.R. (1986). Effect of population size on brood production, worker survival and honey gain in colonies of honey bees. *Journal of Apicultural Research*, 25(1), 22-29.

Hubert, J., Erban, T., Kamler, H., Kopecky, J., Nesvorna, M., Hejdankova, S., Titera, D., Tyl, J., Zurek, G. (2015). Bacteria detected in the honey bee parasitic mite *Varroa destructor* collected from beehive winter debris. *Journal of Applied Microbiology*, 119, 640–654.

IBGE. Brazilian Institute of Geography and Statistics (2017). *Pesquisa da Pecuária Municipal: Mel*. Retrieved from <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2017>.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. *Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Retrieved from <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

Lee, P.C., Winston, M.L. (1987). Effects of reproductive timing and colony size on the survival, offspring colony size and drone production in the honey bee (*Apis mellifera*). *Ecological Entomology*, 12, 187-195.

Martin, S.J., Highfield, A.C., Brettell, L., Villalobos, E.M., Budge, G.E., Powell, M., Nikaido, S., Schroeder, D.C. (2012). Global honeybee viral landscape altered by a parasitic mite. *Science*, 336, 1304-1306.

Medina, L.M., Martin, S.J., Espinosa, L.M., Ratnieks, L.F.W. (2002). Reproduction of *Varroa destructor* in worker brood of Africanized honey bees (*Apis mellifera*), *Experimental and Applied Acarology*, 27, 79–88.

Medina-Flores, C.A., Guzmán-Novoa, E., Hamiduzzaman, M.M., Aréchiga-Flores, C.F., López-Carlos, M.A. (2014). Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological. *Genetics and Molecular Research*, 13(3), 7282-7293.

Mendiburu, F. de (2019). *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package version 1.3-0.* <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

Mondragón, L., Spivak, M., Vandame, R. (2005). A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. *Apidologie*, 36(3), 345-358.

Moore, P.A., Wilson, M.E. & Skinner, J.A. (2014). *Honey Bee Viruses, the Deadly Varroa Mite Associates*. USDA National Institute of Food and Agriculture. Retrieved from http://www.extension.org/pages/71172/honey-bee-viruses-the-deadly-varroa-ite-associates#.VV5aI0_BzGc.

Neisse, A.C. & Hongyu, K. (2017). Variáveis Psicológicas e Desempenho Acadêmico: Uma Análise da Existência de Correlação Canônica. *Engineering and Science*, 6(2), 76-86.

Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., Minchin, P.R., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Stevens, M.H.H., Szoecs, E., Wagner, H. (2018). *vegan: Community Ecology Package. R package version 2.5-3.* <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.

Otis, G.W. (1991). *Population biology of the Africanized honey bee*. In: Spivak, M., Fletcher D.J.C., Breed, M.D., editors. *The "African" Honey Bee*. Boulder Co:Westview, 213-234

Otis, G.W., Winston, M.L. & Taylor Jr, O.R. (1981). Engorgement and dispersal of africanized honeybee swarms. *Journal of Apicultural Research*, 20(1), 3-12.

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Ramsey, S.D., Ochoa, R., Bauchan, G., Gulbranson, C., Mowery, J.D., Cohen, A., Lim, D., Joklik, J., Cicero, J.M., Ellis, J.D., Hawthorne, D., vanEngelsdorp, D. (2019). *Varroa destructor* feeds primarily on honey bee fat body tissue and not hemolymph. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 201818371, 1-10.

Rinderer, T.E., Collins, A.M. Hellmich, R.L., Danka, R.G., Spencer, R. (1987). Differential drone production by africanized and european honey bee colonies. *Apidologie*, 18(1), 61-68.

Schneider, S.S., DeGrandi-Hoffman, G. & Smith, D.R. (2004). The African Honey Bee: Factors contributing to a successful biological invasion. *Annual Review of Entomology*, 49, 351-376.

Schneider, S.S. & McNally, L.C. (1994). Developmental patterns associated with founding and swarming in colonies of the African honey bee race, *Apis mellifera scutellata* Lepeletier. *Apidologie*, 25(6), 530 - 539.

Sherry, A. & Henson, R.K. (2005). Conducting and interpreting canonical correlation analysis in personality research: A user-friendly primer. *Journal of Personality Assessment*, 84, 37- 48.

Wilfert, L. et al. (2016). Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by *Varroa* mites. *Science*, 351, 594-597.

Winston, M. L. (1992). The Biology and Management of Africanized Honey Bees. *Annual Review of Entomology*, 37(1), 173–193.

Winston, M. L. (1987). *The Biology of the Honey Bee*. Harvard Univ Press, Cambridge, MA.

Winston M., Otis G. W., Taylor O. R. (1979). Absconding behavior of the Africanized honeybee in South America. *Journal of Apicultural Research*, 18(2), 85–94.

Winston, M., Dropkin, J., Taylor, O. (1981). Demography and life history characteristics of two honey bee races (*Apis mellifera*). *Oecologia*, 48, 407-413.

ARTIGO 2

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIGIÊNICO EM ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO DO BRASIL²

² Artigo será ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico *Florida Entomologist*, em versão na língua inglesa

AVALIAÇÃO DO COMPORTAMENTO HIGIÊNICO EM ABELHAS AFRICANIZADAS NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

Resumo: Apesar da importância econômica, ambiental e social das abelhas *Apis mellifera*, um conjunto de agentes multifatoriais tem sido responsáveis por inúmeros casos de perdas de colônias em várias partes do mundo, são eles: falta de fontes alimentares para as abelhas, uso indiscriminado de agrotóxicos, alterações climáticas, patógenos e parasitas. O comportamento higiênico em abelhas *A. mellifera* L. tem sido utilizado em programas de seleção e melhoramento de colônias visando resistência a doenças. Para avaliar o comportamento higiênico das abelhas africanizadas foram visitados seis diferentes apiários localizados na região do Semiárido do estado da Bahia, Brasil. Em todos os apiários, 52 colônias foram avaliadas, determinando o status de comportamento higiênico em 24 e 48 horas, nível de infestação pelo ácaro *V. destructor* e estimativa da população de abelhas adultas. A população de abelhas adultas realiza as atividades de comportamento higiênico, sendo que quanto maior a população da colônia, maior a remoção de pupas nas colônias, ou seja, mais higiênicas. As colônias de abelhas africanizadas no semiárido necessitam de um período superior a 24 horas para demonstrarem efetivamente sua característica higiênica. Colônias avaliadas no período de 24 horas podem ser erroneamente consideradas não higiênicas, quando na verdade elas necessitam de um tempo maior para realizar esta atividade.

Palavras-chave: *Varroa destructor*, Sanidade apícola, Varroatose

EVALUATION OF HYGIENIC BEHAVIOR IN AFRICANIZED HONEY BEES IN THE BRAZILIAN SEMIARID CLIMATE

Abstract: Despite the economic, environmental and social importance of bees, a multifactorial set of agents has been responsible for innumerable cases of colony loss in many parts of the world: lack of food sources for bees, indiscriminate use of agrochemicals, climate change, pathogens and parasites. The hygienic behavior of bees has been used in programs to select and improve colonies for disease feeding. In order to evaluate the hygienic behavior of the Africanized bees, six different apiaries located in the semi-arid region of the state of Bahia, Brazil, were studied. In all apiaries were evaluated 52 colonies, determining the status of hygienic behavior at 24 and 48 hours, mite infestation level. The adult population performs activities of hygienic behavior, being greater than the population of the colony, the greater the pupae removal in the colonies, that is, more hygienic. As colonies of Africanized bees are superior to a period of 24 hours to demonstrate its exceptional functionality. Colonies evaluated in the 24-hour period may be erroneously considered to be non-hygienic, and they require a longer time to perform this activity.

Keywords: *Varroa destructor*, Beekeeping health, *Apis mellifera*.

Introdução

A apicultura brasileira tem expressiva representatividade no cenário internacional de exportação de mel, contribuindo significativamente para o crescimento econômico do país. Além disso, o Brasil é o quinto maior exportador de mel (CBA, 2016), sendo que o maior volume de mel produzido no país é oriundo do Semiárido (IBGE, 2016).

No Brasil, a apicultura é desenvolvida com a abelha poli híbrida *Apis mellifera scutellata*, ou africanizada, que é considerada mais resistente frente à patógenos e parasitas quando comparadas às subespécies europeias (Guzmán-Novoa et al., 1999; Medina-Flores et al., 2014). Um dos parasitas que podem causar danos nessas abelhas é o ácaro *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) (Anderson & Trueman, 2000). Este ácaro infesta as colônias de abelhas e se reproduz dentro de células de crias operculadas que contêm abelhas ainda em desenvolvimento (Mondet et al., 2015).

O parasitismo deste ácaro em uma colônia pode se apresentar de duas formas, durante a fase forética, quando se alimentam apenas da hemolinfa das abelhas adultas. A outra ocorre parasitando as pupas, chamada de fase reprodutiva, onde o ácaro realiza todo o seu ciclo reprodutivo, dando origem a novos ácaros que irão infestar outras células de cria (Rosenkranz et al., 2010).

O ácaro *V. destructor* foi introduzido no Brasil em 1972, através da importação de rainhas e crias infestadas vindas do Paraguai (Morse e Gonçalves, 1979; De Jong et al., 1984). Sua primeira descrição ocorreu em 1978, na região de Piracicaba-SP (Alves et al., 1979), onde em poucos anos se dispersou por todo o país (Moretto et al., 1991). É um ectoparasita de abelhas, pertencente à Ordem Parasitiformes, Subordem Mesostigmata, Família Varroidae.

No Brasil, primeiramente foi identificada como *Varroa jacobsoni* (Alves et al., 1979), porém, logo depois descobriu-se que a espécie encontrada nas abelhas africanizadas era o *Varroa destructor*. Diversos fatores podem influenciar no índice populacional do ácaro tais como: genótipo da abelha, genótipo do ácaro, localização geográfica e condições climáticas (De Guzman et al., 2007).

Dentre os mecanismos de defesa utilizados por estas abelhas para o controle de patógenos e parasitas, destaca-se o comportamento higiênico, sendo que esta característica pode ser atribuída ao mecanismo natural de resistência às

pragas e doenças que acometem a colônia. Pode ser definido como a capacidade que as abelhas têm de detectar, desopercular os alvéolos e remover as crias doentes ou mortas (Castagnino et al., 2016), reduzindo ou prevenindo a sua reprodução e infestação (Harbo & Harris, 2005). Tem sido amplamente utilizado em programas de seleção e melhoramento de colônias (Leclercq et al., 2017).

É considerado o primeiro mecanismo de defesa das abelhas no combate às doenças (Sobhy et al., 2017). A detecção das crias doentes ou mortas se dá por meio de sinais químicos, a exemplo da detecção do ácido oleico e β -ocimeno, compostos liberados por crias mortas e detectados pelas antenas das abelhas adultas (McAfee et al., 2018), onde abelhas higiênicas apresentam sensibilidade olfatória superior às abelhas não higiênicas (Gramacho & Spivak, 2003). A avaliação e seleção de colônias higiênicas surgem como uma alternativa para a manutenção dos baixos níveis de invasão e infestação, sem a utilização de produtos químicos para o controle do ácaro *V. destructor* (Santos et al., 2015; Waggoner et al., 2018).

Alguns métodos para avaliação da higienicidade de colônias em relação ao ácaro *V. destructor* já foram elucidados, tais como: *Pin-killed brood* (PKB), *Freeze-killed brood* (FKB) e infestação artificial de crias com o ácaro *V. destructor*. Os testes de comportamento higiênico utilizando crias mortas por congelamento (FKB) têm sido largamente utilizados devido às suas diversas vantagens em relação aos demais métodos: não há risco de disseminação de patógenos e o teste é de fácil realização, bem como não há danos às crias, sendo o teste realizado sem vazamento de hemolinfa (Leclercq et al., 2018).

Apesar da conhecida importância econômica e ambiental das abelhas, o declínio de insetos polinizadores tem se tornado uma realidade em todo o mundo. Na região Nordeste, a perda de colônias de abelhas tem se tornado cada vez mais preocupante. No Brasil, as informações sobre as causas relacionadas à perda de colônias ainda são escassas ou inconclusivas (Pires et al., 2016).

Pouco se conhece sobre a incidência do ácaro *V. destructor*, bem como quais os mecanismos de defesa utilizados por essas abelhas para combater com sucesso a infestação pelos ácaros, principalmente em condições climáticas adversas da região Semiárida do Brasil. Neste sentido, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o comportamento higiênico de abelhas em

apiários localizados nessa região, mecanismo utilizado para o controle do ácaro *V. destructor*.

Material e Métodos

Local de estudo

O estudo foi realizado com 52 colônias de abelhas africanizadas *A. mellifera*, pertencentes aos apiários de sete localidades do estado da Bahia, Brasil (Tabela 1), nos meses de janeiro e fevereiro de 2017. Essa região faz parte da área de abrangência do Semiárido do Brasil, caracterizando-se por precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50 e percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (BRASIL, 2017). A vegetação local é formada por Caatinga Arbórea e Arbustiva e Vegetação Secundária (IBGE, 2019).

Tabela 1. Localização geográfica e altitude dos municípios onde foram realizados os experimentos (apiários).

Municípios	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Senhor do Bonfim	10° 27' 41" S	40° 11' 22" W	538m
Campo Formoso	10° 30' 27" S	40° 19' 17" W	556m
Jaguarari	10° 15' 50" S	40° 11' 45" W	662m
Filadélfia	10° 44' 27" S	40° 07' 58" W	424m
Andorinha	10° 20' 41" S	39° 50' 08" W	428m
Itiúba	10° 41' 30" S	39° 51' 13" W	377m
Ribeira do Pombal	10° 50' 04" S	38° 32' 09" W	228m

Avaliação da infestação por *Varroa destructor*

As colônias não foram infestadas artificialmente com o ácaro *V. destructor*. A presença dos ácaros nas colônias foi confirmada após as colônias terem sido estabelecidas no apiário, sendo que a avaliação do número de ácaros em adultos e cria foi realizada mensalmente.

Para avaliar o nível de infestação em adultos, foram colhidas aproximadamente 300 abelhas da área de cria por colônia, mortas e mantidas em álcool absoluto (99,6%), até que as abelhas e os ácaros fossem separados (se os ácaros fossem encontrados). O nível de infestação por colônia foi determinado pela divisão do número de ácaros pelo número de abelhas, multiplicado por 100, seguindo o protocolo estabelecido por Dietemann et al. (2013).

Avaliação do comportamento higiênico

A avaliação do comportamento higiênico foi realizada conforme Büchler et al. (2013), onde, em cada colônia foi inserido um quadrado de 5 cm x 5 cm de favo contendo pupas operculadas, previamente mortas por congelamento em freezer por 24 horas a -20°C. Após os períodos de 24 e 48 horas após a inserção das crias mortas, foram contabilizadas o número de células que estiveram parcialmente ou totalmente retiradas, bem como a quantidade de pupas que ainda não haviam sido completamente removidas. O percentual de remoção das pupas mortas por colônia foi obtido pela divisão do número pupas removidas pelo número de pupas inseridas, multiplicado por 100.

Em cada colônia, os testes foram realizados uma vez em janeiro e uma vez em fevereiro de 2017. Para classificar as colônias de acordo com o percentual de remoção, foram utilizados os critérios apresentados em Boutin et al. (2015), onde um percentual de remoção de até 50% representava colônias não higiênicas, um percentual de remoção entre 50% a 90% representava colônias com comportamento higiênico intermediário, e colônias higiênicas apresentam acima de 90% de remoção de pupas.

Avaliação da população de abelhas adultas

O protocolo descrito por Delaplane et al. (2013) foi utilizado para estimar a população de abelhas adultas. No entanto, como o tipo de colmeia usado no experimento foi o Langstroth (diferente do que é usado por Delaplane et al. (2013)), a quantidade de abelhas por lado da estrutura totalmente ocupada foi corrigida antes do início do processo de avaliação. Esta correção foi realizada por meio do registro fotográfico de 10 quadros de ninho (43 x 22,5 cm cada face) e melgueira (43 x 12,5 cm cada face), cobertos de abelhas, em seguida contou-se o

número de abelhas. Em média, 1300 abelhas seriam capazes de cobrir 100% de um lado do quadro de ninho e 600 abelhas para o quadro de melgueira. A estimativa de abelhas adultas por colônia foi realizada em todas as repetições das avaliações.

Análises estatísticas

Modelos binomiais lineares mistos e lineares foram ajustados para a proporção de pupas removidas, incluindo todas as interações entre os efeitos do tempo (24h e 48h), município, tamanho da população e taxas de infestação. Os efeitos da colônia foram incluídos como aleatórios e um efeito aleatório de nível de observação também foi incluído para explicar a superdispersão (Demétrio et al., 2014). Um primeiro teste de razão de verossimilhança (LR) foi realizado para avaliar a significância do termo de interação de quatro vias. Como esse efeito foi significativo, esses modelos foram analisados separadamente para os dados de 24h e 48h.

Primeiramente, o efeito do município foi incluído no preditor linear como fixo, e o efeito da colônia foi incluído como aleatório, uma vez que as observações feitas dentro da mesma colônia foram correlacionadas. Além disso, um efeito aleatório de nível de observação foi incluído para explicar a superdispersão. Então, para estudar os efeitos do tamanho populacional por colônia e taxas de infestação sobre a proporção de pupas removidas, modelos binomiais lineares mistos foram ajustados, incluindo uma superfície de resposta diferente sobre o tamanho da população e a taxa de infestação por município (ou seja, a interação de três vias entre município, tamanho da população e taxa de infestação) no preditor linear. Os efeitos da colônia e aleatórios em nível observacional também foram incluídos. Finalmente, foram confeccionados gráficos das superfícies de resposta estimadas para examinar seu comportamento.

A significância dos efeitos fixos foi avaliada usando testes de razão de verossimilhança (*“likelihood-ratio”* - LR) para modelos interrelacionados. Múltiplas comparações foram realizadas obtendo-se os intervalos de confiança Wald de 95% para os preditores lineares. A adequação do ajuste foi avaliada usando parcelas meio-normais com envelopes de simulação (Moral et al., 2017).

Resultados

A análise de regressão evidenciou diferença significativa no perfil de comportamento higiênico entre colônias das localidades estudadas no período de 24 horas (LR = 20,75, d.f. = 6, $p = 0,0020$), não havendo diferença significativa entre as localidades para o período de avaliação de 48 horas (LR = 9,68, d.f. = 6, $p = 0,1387$) (Figura 1).

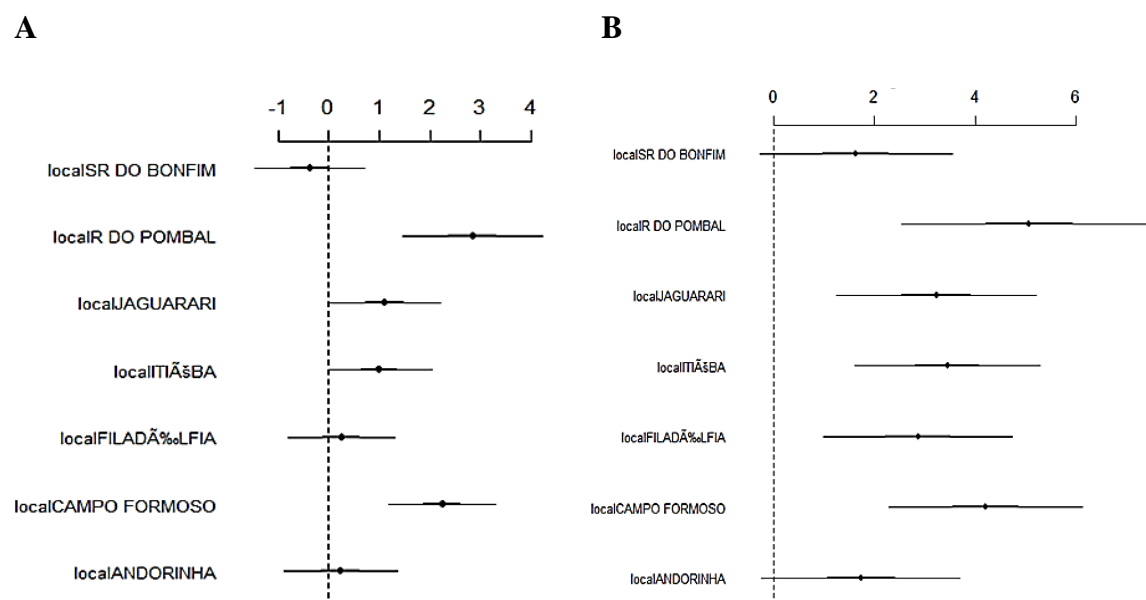


Figura 1. Estimativa de regressão para avaliação do comportamento higiênico de abelhas africanizadas em diferentes localidades do Semiárido do Brasil no período de 24 horas (A) e 48 horas (B).

A análise de regressão do tamanho da população em relação proporção de pupas mortas removidas mostrou que a população de abelhas adultas atua sobre o comportamento higiênico, sendo que quanto maior a população da colônia, maior a remoção de pupas nas colônias, ou seja, mais higiênicas (Figuras 2A e 2B) (município, tamanho da população e taxa de infestação efeito de interação de três vias para dados de 24h: LR = 17,01, d.f. = 9, $p = 0,0093$; efeito principal do tamanho da população¹ para dados de 48h: LR = 7,29, d.f. = 1, $p = 0,0069$; efeito principal da taxa de infestação¹ para dados de 48h: LR = 5,79, d.f. = 1, $p = 0,0161$).

¹ O efeito de interação "three-way" não foi significativo (LR = 5,80, df = 6, $p = 0,4462$), nem os efeitos de interação two-way (LR = 6,26, df = 13, $p = 0,9361$) e, portanto, examinamos efeitos principais).

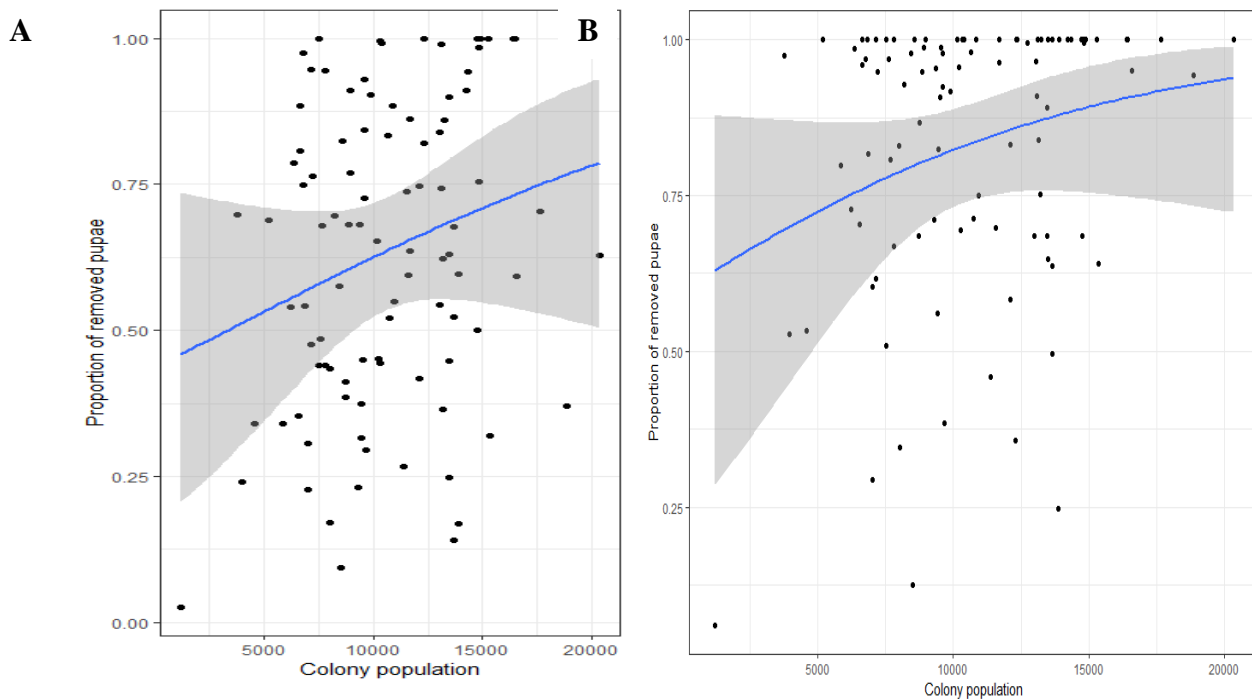


Figura 2. Valores observados (pontos) e proporções previstas de pupas removidas (curva sólida) versus tamanho da população da colônia, com 95% de intervalo de confiança de Wald para as proporções reais (área sombreada) para avaliações em (A) 24h e (B) 48h, em colônias de abelhas africanizadas na região semiárida brasileira.

Diversos fatores, ainda não completamente conhecidos, atuam no processo no processo de detecção e remoção de crias mortas ou doentes. Neste estudo foi possível verificar que a infestação pelo ácaro *V. destructor* interfere de alguma forma no comportamento higiênico em abelhas africanizadas *A. mellifera*, onde quanto mais infestada pelo ácaro a colônia está, menor a sua atividade de remoção de pupas mortas (Figura 3). Desta forma, aparentemente, as colônias que são menos higiênicas estão relacionadas a uma maior taxa de infestação pelo ácaro.

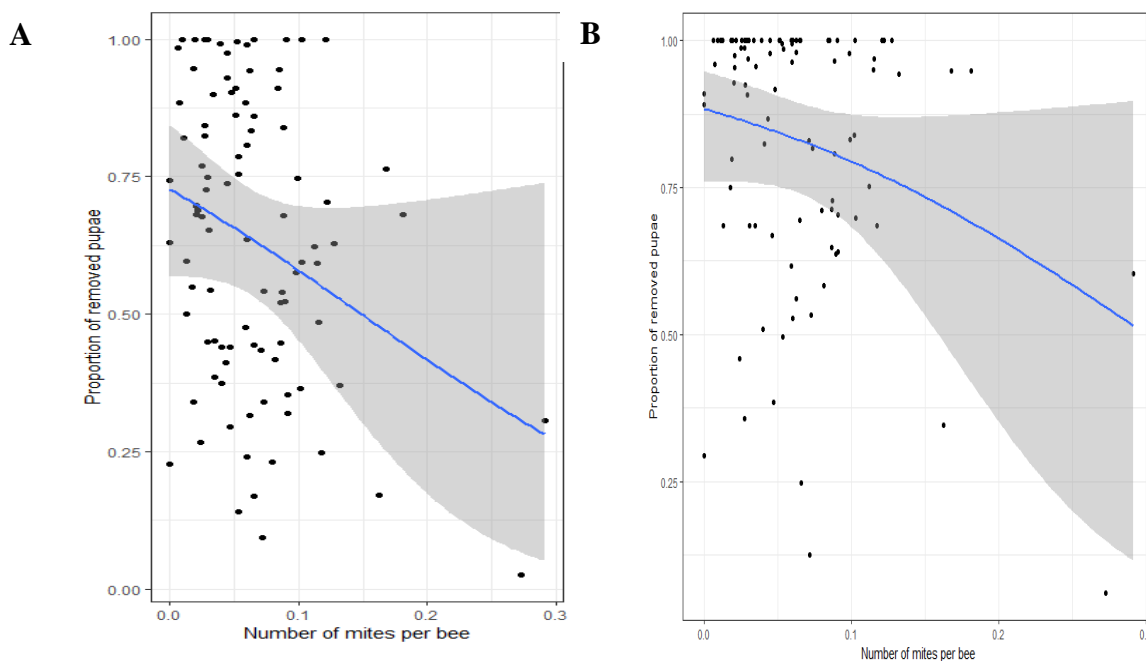
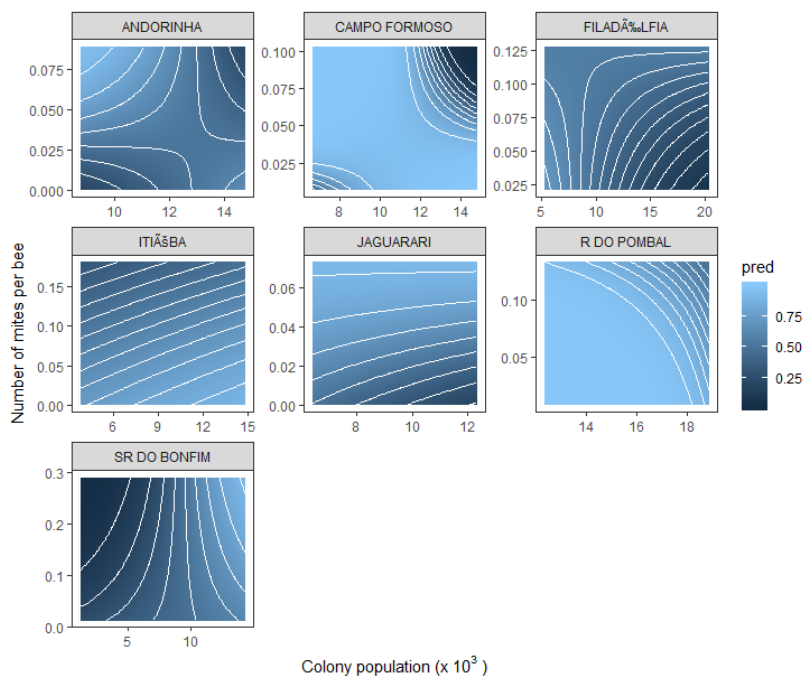


Figura 3. Proporções observadas (pontos) e preditas de pupas removidas (curva sólida) versus taxa de infestação pelo *Varroa destructor* (número de ácaros por abelha), com intervalos de confiança de Wald de 95% para as proporções reais (área sombreada) para os dados de (A) 24h e (B) 48h, em colônias de abelhas africanizadas no semiárido brasileiro.

Análise de superfície de resposta para o comportamento higiênico em 24 horas revelou que Ribeira do Pombal e Campo Formoso foram os locais que apresentaram maior índice de remoção de pupas mortas, evidenciada pelas áreas mais claras do gráfico. O menor status de comportamento higiênico foi observado em Andorinha, Filadélfia e Senhor do Bonfim. Por outro lado, Jaguarari e Itiúba apresentaram comportamento higiênico intermediário (Figura 4A). A análise do comportamento higiênico em 48 horas mostrou que as colônias dos apiários de Andorinha, Filadélfia, Jaguarari e Itiúba aumentaram significativamente o percentual de remoção de pupas mortas, quando comparadas com o período de 24 horas (LR = 193,51, d.f. = 6, $p < 0,0001$) (Figura 4B).

A



B

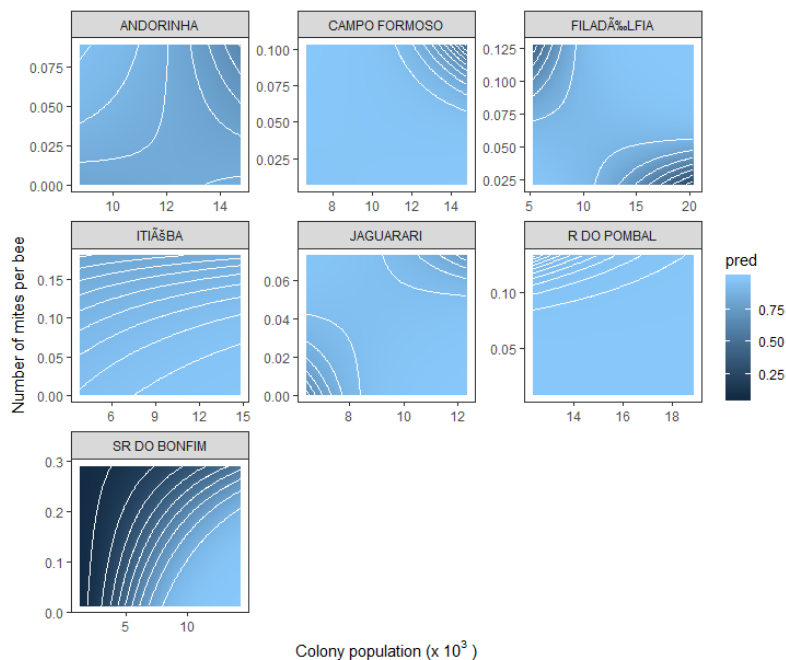


Figura 4. Superfícies de resposta predita para a proporção de pupas removidas sobre o tamanho da população de colônias e as taxas de infestação pelo *V. destructor* (número de ácaros por abelha) em colônias de abelhas africanizadas de municípios no semiárido brasileiro.

Apesar de não ter sido observada diferença significativa na análise do comportamento higiênico entre as localidades no período de avaliação em 48 horas, esta foi considerada mais reveladora e explicativa para este trabalho. Após as 48 horas, as colônias que se apresentaram como higiênicas em 24 horas permaneceram nesta condição e as colônias não higiênicas também. As análises relacionadas ao tamanho da população e a infestação pelo ácaro estão melhores definidas para a avaliação do comportamento higiênico em 48h.

Assim sendo, foi observado que as colônias de abelhas africanizadas no Semiárido do Brasil necessitam de um período superior a 24 horas para demonstrarem efetivamente da sua característica higiênica, ou seja, colônias avaliadas no período de 24 horas podem ser precipitadamente/erroneamente consideradas não higiênicas, quando na verdade elas necessitam de um tempo maior (48 horas) para executar esta atividade (Figura 5).

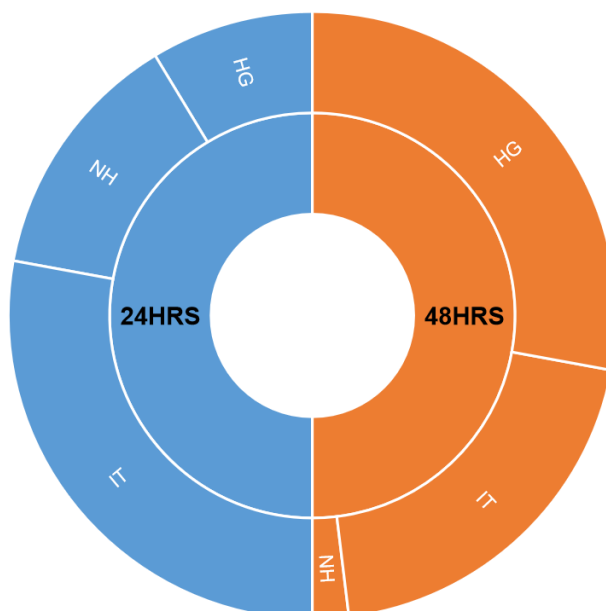


Figura 5. Classificação das colônias de abelhas *Apis mellifera* de acordo com a remoção de pupas mortas em 24 h (esquerda) e 48 h (direita). NH = colônias não higiênicas (remoção de até 50% de pupas mortas), IT = intermediária (remoção de pupas entre 50 a 90%) e HG = colônias higiênicas (acima de 90% de remoção).

Discussão

O comportamento higiênico tem sido utilizado para explicar a maior resistência das abelhas africanizadas a doenças, quando comparadas com as abelhas europeias, porém nesse estudo as abelhas africanizadas não apresentaram níveis de comportamento higiênico esperado. No período de avaliação de 24 horas apenas 4 colônias foram consideradas higiênicas (nível de remoção de crias mortas pelo congelamento (FKB) acima de 90%), enquanto após as 48 horas 25 colônias foram higiênicas. Resultados similares foram descritos por Bigio et al. (2013), utilizando a avaliação do comportamento higiênico pelo teste FKB, onde nenhuma das 19 colônias expressou nível de remoção de 95% após o período de 24 horas.

Alguns estudos sugerem 24 horas (Ibrahim et al., 2007; Abreu et al., 2015; Büchler et al., 2013; Castagnino et al., 2016) ou 48 horas (Pérez-Sato, 2009; Bigio et al., 2013; Al Toufailia et al., 2016;). Atualmente o período de 24 horas tem sido utilizado como referência para a determinação de colônias como “higiênicas” (Büchler et al., 2013), porém o período de tempo demandado pelas abelhas para a remoção de pupas mortas ou doentes é muito variável e subjetivo (Leclercq et al., 2018). Neste estudo observou-se que o período mais adequado para a de avaliação do comportamento higiênico em abelhas africanizadas é 48 horas.

Os mecanismos ou fatores envolvidos no comportamento higiênico em abelhas africanizadas ainda não estão totalmente evidenciados, tendo em vista que a maioria dos trabalhos sobre este tema tem sido realizada com abelhas europeias, havendo poucos estudos com as abelhas africanizadas no Brasil. Alguns estudos com abelhas *A. mellifera* europeias sugerem que o comportamento higiênico é uma característica genética hereditária, não sendo diretamente influenciada pelas condições ambientais (Bigio et al., 2013).

Entretanto, já foi observado que o clima e o tipo de abelha influenciaram na taxa de infestação pelo ácaro. Ao avaliar a interação entre os efeitos da africanização e aspectos ecológicos do ambiente sobre as taxas de infestação pelo *V. destructor* em colônias de abelhas do México, Medina-Flores et al. (2014), verificaram que os níveis de infestação pelo ácaro foram significativamente menores nas colônias da região seca em relação a colônias instaladas em regiões mais úmidas.

O comportamento higiênico tem sido estudado desde a década de 1960 (Rothenbuhler, 1964), mesmo assim muitos detalhes não estão claramente evidenciados e definidos. É um mecanismo muito complexo, e que, apesar de ser uma característica determinada geneticamente, diversos fatores influenciam na sua efetiva expressão, tais como tamanho e composição do enxame dentro da colônia, requisitos de espaço celular, condições de recursos e fatores ainda desconhecidos (Spivak & Gilliam, 1993).

Este estudo foi um importante passo para o entendimento de como funciona o mecanismo de comportamento higiênico em abelhas africanizadas submetidas a criação em uma região com características climáticas adversas. Embora a morte por congelamento não seja um meio natural de morte, é o principal método para determinar o nível de higiene das colônias, pois o comportamento higiênico de remoção de cria é desencadeado por dois odorantes: β -ocimeno e ácido oleico, que são liberados da cria após a morte por congelamento (Mcafee et al., 2018).

A expressão do comportamento de limpeza varia entre subespécies de abelhas. Invernizzi et al. (2016) ao avaliarem o comportamento higiênico individual e em grupo de abelhas africanizadas (híbridos de abelhas europeias com *Apis mellifera scutellata*) e italianas (*Apis mellifera ligustica*) no Uruguai, observaram que as abelhas africanizadas apresentaram maior resistência a *V. destructor* do que as abelhas europeias, sendo essa diferença explicada pelos mecanismos de auto e do *allogrooming*.

No que se refere ao nível de infestação pelo ácaro *V. destructor*, resultados similares foram descritos para vários estados do Brasil, no estado de Minas Gerais, os valores médios de infestação em adultas variou de 3,3 a 11,0% (Bacha Júnior et al., 2009). Na Serra da Mantiqueira, sudeste do Brasil, as taxas de infestação variaram de 0,0 a 5,5% (Pinto et al., 2015). Trabalhos realizados no Nordeste do Brasil evidenciam baixos percentuais de infestação em abelhas africanizadas, 3,4% no Piauí (Evangelista et al., 2015) e 6,16% em Pernambuco (Clementino et al., 2016). Estudos apontam que durante o verão, os índices de infestação em abelhas adultas são geralmente mais baixos quando comparados com aqueles durante o inverno do Brasil (Pinto et al., 2011). A morte de colônias ocasionada pelo *V. destructor* pode ocorrer a partir de 10% de infestação (Frey

et al., 2011), valores abaixo deste percentual não causam danos a colônia (De Jong & Gonçalves, 1998).

Apesar de frequentemente estudos apontarem que o comportamento higiênico atua diretamente na redução das taxas de infestação pelo ácaro *V. destructor*, onde colônias que possuem comportamento higiênico mais elevado, possuem menores taxas de infestação pelo ácaro (Pinto et al., 2012; Spivak & Gilliam, 1998; Al Toufailia et al., 2014), neste estudo não houve evidência direta ligando o comportamento higiênico à redução do nível de infestação pelo *V. destructor*, pelo contrário, foi verificado que colônias mais infestadas pelo ácaro, apresentam menor percentual de remoção de pupas mortas. Recentemente, alguns estudos apontaram que não há correlação entre o comportamento higiênico e a infestação pelo ácaro *V. destructor* em colônias de abelhas africanizadas (Nicodemo et al., 2013; McAfee et. al., 2018).

Conclusões

As colônias de abelhas africanizadas não apresentaram comportamento de remoção de pupas compatíveis com colônias higiênicas no período de 24 horas, sendo 48 horas o período necessário para execução desta atividade. O índice de infestação pelo *V. destructor* foi considerado baixo. Outros fatores distintos do comportamento higiênico podem ter atuado no controle do ácaro pelas abelhas africanizadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL TOUFAILIA, HASAN M, AMIRI, ESMAEIL, SCANDIAN, LUCIANO, KRYGER, PER AND RATNIEKS, FRANCIS L W. Towards integrated control of varroa: effect of variation in hygienic behaviour among honey bee colonies on mite population increase and deformed wing virus incidence. **Journal of Apicultural Research**, v.53, n.5, p. 555-562, 2014.

AI TOUFAILIA, H. A.; ALVES, D. A.; BENTO, J. M. S.; MARCHINI, L. C.; RATNIEKS, F. L. W. Hygienic behaviour in Brazilian stingless bees. **Biology Open**, v.5, p.1712-1718, 2016.

ALVES, S. B.; FLECHTMANN, C. H.; ROSA, A. E. *Varroa jacobsoni* Oudemans, 1904 (Acari: Mesostigmata, Varroidae) also in Brazil. **Ecosystema**, v.3, p.78-79, 1979.

ANDERSON, D. L.; TRUEMAN, J. W. H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. **Experimental & Applied Acarology**, v.24, p.165-189, 2000.

BACHA JÚNIOR, G.L.; FELIPE-SILVA, A.S.; PEREIRA, P.L.L. Taxa de infestação por ácaro *Varroa destructor* em apiários sob georreferenciamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, p.1471-1473, 2009.

BIGIO, G.; SCHÜRCH, R.; RATNIEKS, F. L. Hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae): effects of brood, food, and time of the year. **Journal of Economic Entomology**, v.106, n.6, p.2280-2285, 2013.

BOUTIN, S.; ALBURAKI, M.; MERCIER, P. L. Differential gene expression between hygienic and non-hygienic honeybee (*Apis mellifera* L.) hives. **BMC Genomics**, v.16, n.500, p.1-13, 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Resolução nº107/2017**. Disponível em: <http://sudene.gov.br/images/2017/arquivos/Resolucao-107-2017.pdf>. Acesso em fevereiro de 2019.

BÜCHLER, R.; ANDONOV, S.; BIENEFELD, K.; COSTA, C.; HATJINA, F.; KEZIC, N.; KRYGER, P.; SPIVAK, M.; UZUNOV, A.; WILDE, J. Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens. In V Dietemann; Ellis, J. D.; Neumann, P. (Eds) The COLOSS BEEBOOK, Volume I: standard methods for *Apis mellifera* research. **Journal of Apicultural Research**, v.51, n.5, 2013.

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

CBA – Confederação Brasileira de Apicultura. **Brasil Apícola**. Disponível em: <<http://www.brasilapicola.com.br/brasil-apicola>>. Acesso em: 20/07/16.

CLEMENTINO, D. C.; GALINDO, G. M.; MILFONT, M. de O. Taxa de infestação da *Varroa destructor* em colônias de *Apis mellifera* L. no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.3, p.177-181, 2016.

DE JONG, D.; GONCALVES, L. S.; MORSE, R. A. Dependence on climate of the virulence of *Varroa jacobsoni*. **Bee World**, v.65, p.117-21, 1984.

DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S. The Africanized bees of Brazil have become tolerant to Varroa. **Apiacta**, v.33, p.67-70, 1998.

DE GUZMAN, L.; RINDERER, T.; FRAKE, A. Growth of *Varroa destructor* populations in Russian Honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. **Annals of the Entomological Society of America**, v.100, p.187-195, 2007.

DELAPLANE, K. S.; VAN DER STEEN, J.; GUZMAN, E. Standard methods for estimating strength parameters of *Apis mellifera* colonies. In: V Dietemann; J. D Ellis; P Neumann (Eds) The COLOSS BEEBOOK, v. I: standard methods for *Apis mellifera* research. **Journal of Apicultural Research**, v.52, n.1, 2013.

DEMÉTRIO, C.G.B, HINDE, J., MORAL, R.A. Models for overdispersed data in entomology. In Ferreira, C.P., Godoy, W.A.C. (Eds.) **Ecological modelling applied to entomology**. Springer. 2014.

DIETEMANN, V.; NAZZI, F.; MARTIN, S. J.; ANDERSON, D.; LOCKE, B.; DELAPLANE, K. S.; WAUQUIEZ, Q.; TANNAHILL, C.; FREY, E.; ZIEGELMANN, B.; ROSENKRANZ, P.; ELLIS, J. D. Standard methods for varroa research. In: Dieteman, V.; Ellis, J. D.; Neumann, P. (Eds) The COLOSS BEEBOOK, Volume II: standard methods for *Apis mellifera* pest and pathogen research. **Journal of Apicultural Research**, v.52, n.1, 2013.

EVANGELISTA, B. B. C. et al. Avaliação do nível de infestação pelo ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas *Apis mellifera* L. em Teresina, Piauí. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL. **Anais...** Teresina, 2015.

FREY, E.; SCHNELL, H.; ROSENKRANZ, P. Invasion of *Varroa destructor* mites into mite free honey bee colonies under the controlled conditions of a military training area. **Journal of Apicultural Research**, v.50, n.2, p.138-144, 2011.

GRAMACHO, K. P.; SPIVAK, M. Diferenças na sensibilidade olfativa e respostas comportamentais entre as abelhas criadas para o comportamento higiênico. **Ecologia Comportamental e Sociobiologia**, v.54, p.472-479, 2003.

GUZMÁN-NOVOA, E.; RÉMY VANDAME, M.; ARECHAVALETA, E. Susceptibility of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) to *Varroa jacobsoni* Oud. in Mexico. **Apidologie**, v.30, n.2-3, p.173-182, 1999.

IBRAHIM, A.; REUTER, G. S.; SPIVAK, M. Field trial of honey bee colonies bred for mechanisms of resistance against *Varroa destructor*. **Apidologie**, v.38, p. 67–76, 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Disponível em: www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ba&tema=pecuaria2014. Acesso em 29 de julho de 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Semiárido Brasileiro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15974-semiarido-brasileiro.html?=&t=o-que-e>. Acesso em fevereiro de 2019.

INVERNIZZI, C.; ZEFFERINO, I.; SANTOS, E.; SÁNCHEZ, L.; MENDOZA, Y. Multilevel assessment of grooming behavior against *Varroa destructor* in Italian and Africanized honey bees. **Journal of Apicultural Research**, v.54, n.4, 2016.

LECLERCQ, G.; PANNEBAKKER, B.; GENGLER, N.; NGUYEN, B. K.; FRANCIS, F. Drawbacks and benefits of hygienic behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.): a review, **Journal of Apicultural Research**, v. 56, n.4, p. 366-375, 2017.

LECLERCQ, G., FRANCIS, F., GENGLER, N., & BLACQUIÈRE, T. Bioassays to Quantify Hygienic Behavior in Honey Bee (*Apis Mellifera* L.) Colonies: a review. **Journal of Apicultural Research**, v.57, n.5, p.663-673, 2018.

MCAFEE, A.; CHAPMAN, A.; IOVINELLA, I.; GALLAGHER-KURTZKE, Y.; COLLINS, T. F.; HIGO, H.; MADILAO, L. L.; PELOSI, P.; FOSTER, L. J. A death pheromone, oleic acid, triggers hygienic behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). **Scientific Reports**, 5719, v.8, n. 1, 2018

MEDINA-FLORES, C. A.; GUZMÁN-NOVOA, E.; HAMIDUZZAMAN, M. M.; ARÉCHIGA-FLORES, C. F.; LÓPEZ-CARLOS, M. A. Africanized honey bees (*Apis mellifera*) have low infestation levels of the mite *Varroa destructor* in different ecological regions in Mexico. **Genetics and Molecular Research**, v.13, n.3, p.7282-7293, 2014.

MONDET, F.; ALAUX, C.; SEVERAC, D.; ROHMER, M.; MERCER, A. R.; LE CONTE, Y. Antennae hold a key to *Varroa* sensitive hygiene behaviour in honey bees. **Nature-Scientific Reports**, v.5, 10454, 2015.

Moral, R.A., Hinde, J., Demétrio, C.G.B. (2017) Half-normal plots and overdispersed models in R: the hnp package. **Journal of Statistical Software**, v. 81(10).

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

MORETTO, G. et al. Africanized honeybees are more efficient at removing *Varroa jacobsoni* preliminary data. **American Bee Journal**, p.434, 1991.

NICODEMO, D.; DE JONG, D.; COUTO, R.H.N.; MALHEIROS, E.B. Honey bee lines selected for high propolis production also have superior hygienic behaviour and increased honey and pollen stores. **Genetics and Molecular Research**, v.12, n.4, p.6931-6938, 2013.

PÉREZ-SATO, J.A.; CHÂLINE, N.; MARTIN, S.J.; HUGHES, W.O.H.; RATNIEKS, F.L.W. Multi-level selection for hygienic behaviour in honeybees. **Heredity**, 102, p.609–615, 2009.

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

PINTO, F.A. et al. *Varroa destructor* in Juquitiba, Vale do Ribeira, southeastern Brazil: seasonal effects on the infestation rate of ectoparasite mites on honeybees. **Sociobiology**, v.57, p.511-518, 2011.

PINTO, F. A. et al.. Infestation rate of the mite *Varroa destructor* in commercial apiaries of the Vale do Paraíba and Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, p.631-635, 2015.

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

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v.103, p.1194-1199, 2010.

ROTHENBUHLER, WC. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F 1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoologist** 4, 111–123 (1964).

SANTOS, P. R.; WIELEWSKI, P.; HALAK, A. L.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V. de A. A. *Varroa destructor* mite in Africanized honeybee colonies *Apis mellifera* L. under royal jelly or honey production. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v.37, n.3, p.315-322, 2015.

SOBHY, H. M.; GOMAA, A. A.; SEDIK, M. Z.; NAFEA, E. A.; EL-WAKEEL, A. A. Effect of Some Substances as Therapy Treatments On The hygienic Behavior of Honey Bee Worker, *Apis mellifera* L. **International Journal of Advanced Research in Biological Sciences**, v.4, n.2, p.12-19, 2017.

SPIVAK, M.; GILLIAM, M. Facultative expression of hygienic behaviour of honey bees in relation to disease resistance. **Journal of Apicultural Research**, v.32, n.3-4, p.147-157, 1993.

SPIVAK, M.; GILLIAM, M. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and varroa. **Bee World**, v.79, p.124-134, 1998.

WAGGONER, K. M.; SPIVAK, M.; RUEPPELL, O. Brood Affects Hygienic Behavior in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v.111, n.6, p. 2520–2530, 2018.

ARTIGO 3**DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS E SUA
ASSOCIAÇÃO COM O ÁCARO *Varroa destructor*¹**

¹ Artigo será ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico *Journal of Apicultural Science*, em versão na língua inglesa.

DETECÇÃO DE VIROSES EM ABELHAS AFRICANIZADAS E SUA ASSOCIAÇÃO COM O ÁCARO *Varroa destructor*

Resumo: O crescente número de perda de colônias em várias partes do mundo está associado a uma combinação de fatores, como estresse ambiental, parasitas e patógenos, incluindo diversos tipos de vírus, frequentemente associados à disseminação do ácaro parasita *Varroa destructor*. Foram utilizadas amostras de abelhas africanizadas adultas, coletadas em apiários localizados na região Semiárida do estado da Bahia, Brasil. Estes apiários foram monitorados durante um ano e as amostras dos períodos de altas e baixas taxas de infestação pelo ácaro *V. destructor* foram avaliadas para presença de vírus patogênicos: DWV (*Deformed wing vírus*), BQCV (*Black Queen Cell Virus*), IAPV (*Israeli acute paralysis virus*), ABPV (*Acute bee paralysis virus*), CPBV (*Chronic bee paralysis virus*) e KBV (*Kashmir bee virus*). A detecção dos vírus foi realizada por meio de teste de PCR em tempo real, utilizando primers específicos. Os dados foram submetidos a Análise de Correspondência Múltipla com o objetivo de verificar a correspondência entre a infestação pelo ácaro *V. destructor* e a incidência dos vírus em abelhas africanizadas. Apenas os vírus DWV, IAPV e ABPV foram detectados, mas as frequências variaram: DWV foi detectado em apenas 21,4% das amostras, IAPV e ABPV em 50%. Apesar de estes níveis serem mais baixos do que os encontrados em outros países, estas patologias devem ser permanentemente monitoradas, a fim de evitar problemas futuros.

Palavras chaves: *Apis mellifera*, Sanidade apícola, Varroatose.

DETECTION OF VIRUSES IN AFRICANIZED BEES AND THEIR ASSOCIATION WITH *Varroa destructor*

Abstract: The increasing number of colonies loss in several parts of the world is associated with a combination of factors such as environmental stress, parasites and pathogens, including several types of virus, often associated with the dissemination of the *Varroa destructor* parasite mite. Samples of adult africanized bees were collected from apiaries located in the semiarid region of the state of Bahia, Brazil. These apiaries were monitored for one year and samples of the high and low rates of *V. destructor* mite infestation were evaluated for the presence of pathogenic viruses: DWV (Deformed wing virus), BQCV (Black Queen Cell Virus), IAPV acute paralysis virus), ABPV (Acute bee paralysis virus), CPBV (Chronic bee paralysis virus) and KBV (Kashmir bee virus). Virus detection was performed by real-time PCR using specific primers. The data were submitted to Multiple Correspondence Analysis with the objective of verifying the correspondence between the *V. destructor* mite infestation and the virus incidence in Africanized bees. Only the DWV, IAPV and ABPV viruses were detected, but the frequencies varied: DWV was detected in only 21.4% of the samples, IAPV and ABPV in 50%. Although these levels are lower than those found in other countries, these pathologies should be monitored at all times in order to avoid future problems.

Keywords: *Apis mellifera*, beekeeping health, Varroosis.

Introdução

A abelha africanizada (AHB) é um polihíbrido resultante do cruzamento entre as subespécies europeias *Apis mellifera mellifera* e *Apis mellifera ligustica*, importadas no século XVII, e a subespécie africana *Apis mellifera scutellata*, introduzida no Brasil em 1956 (Schneider et al., 2004). As abelhas AHB podem ser encontradas em regiões tropicais e subtropicais da América do Sul, América Central e em algumas regiões da América do Norte (Rosenkranz et al., 2000). Atualmente, toda a produção de mel no Brasil é atribuída à AHB (Correia-Oliveira et al., 2018).

Mesmo diante de toda importância econômica, ambiental e social das abelhas, há alguns anos as doenças virais têm representado uma grande ameaça para as populações de *Apis mellifera* (Spurny et al., 2017). Diversos estudos evidenciam que os vírus DWV (*Deformed Wing Virus*), BQCV (*Black Queen Cell Virus*), IAPV (*Israeli Acute Paralysis Virus*), ABPV (*Acute Bee Paralysis Virus*), CPBV (*Chronic Bee Paralysis Virus*) e KBV (*Kashmir Bee Virus*) são patogênicos para estes insetos.

O ácaro *V. destructor* (Anderson & Trueman) atua como vetor mecânico e biológico de diversos vírus letais em *A. mellifera* (Mondet et al., 2018), sendo que a associação ácaro/vírus tem sido uma das principais causas de perdas de colônias de abelhas em todo o mundo (Martin, 2001, Annoscia et al., 2019, Thaduri et al., 2019). O comportamento alimentar dos ácaros permite que os vírus sejam transmitidos para a hemolinfa das abelhas, facilitando a contaminação das abelhas e disseminação das viroses (Martin et al., 2012).

Desde a introdução do ácaro *Varroa*, a prevalência de infecções virais em abelhas melíferas aumentou significativamente (McMenamin & Genersch, 2015). Os principais vírus associados a *V. destructor* são DWV (Rosenkranz et al., 2010), BQCV (Chen, 2007), ABPV (Maori et al., 2007), IAPV (Di Prisco et al., 2011), SBV (Chen, 2007) e TRSV (Li et al., 2014).

O DWV tornou-se o vírus mais comum e disseminado pelo ácaro *V. destructor* (Wilfert et al., 2016). Em *A. mellifera* este vírus foi detectado em todos os estágios de desenvolvimento de rainhas, operárias e zangões (Miranda & Genersch, 2010; McMahon et al., 2016). Colônias infestadas pelo ácaro *Varroa* mostram níveis mais elevados do vírus DWV, com consequente aumento das

perdas de colônia durante o inverno em regiões de clima temperado (Ryabov et al., 2014). No Brasil o DWV foi descrito pela primeira vez em 2008 no estado de São Paulo (Teixeira et al., 2008).

O vírus BQCV é o agente etiológico de virose letal em larvas e pupas de abelhas rainhas. Apesar de ser um dos mais comuns e abundantes em todo o mundo, ainda é pouco conhecido (Spurny et al., 2017). Os vírus ABPV, CBPV, BQCV e SBV podem ser frequentemente detectados em colônias aparentemente saudáveis (McMenamin & Genersch, 2015).

Em virtude da inexistência de informações sobre estas viroses no semiárido do estado da Bahia-Brasil, o objetivo deste trabalho foi verificar a correspondência entre a infestação pelo ácaro *V. destructor* e a incidência dos principais vírus em colônias de abelhas africanizadas do Semiárido Baiano, Brasil.

Material e métodos

Local e coleta das amostras

O estudo foi realizado com colônias de abelhas africanizadas de 07 apiários localizados no semiárido do estado da Bahia, Brasil (Figura 1), no período de março de 2016 a março de 2017.

As colônias foram capturadas diretamente da natureza no início do experimento e acompanhadas até o momento em que todas as colônias tivessem as mesmas condições (população adulta e ninhada). Não se sabia sobre a idade das rainhas das colônias estudadas, bem como não foi aplicado nenhum tipo de tratamento para controle do ácaro *V. destructor*. No entanto, como a área é seca e as condições ambientais não são adequadas para manutenção das colônias em alguns meses, foi necessário fornecer água e xarope de açúcar (concentração de 1 parte de açúcar e 1 parte de água) semanalmente ao longo da estação seca (outubro, novembro e dezembro).

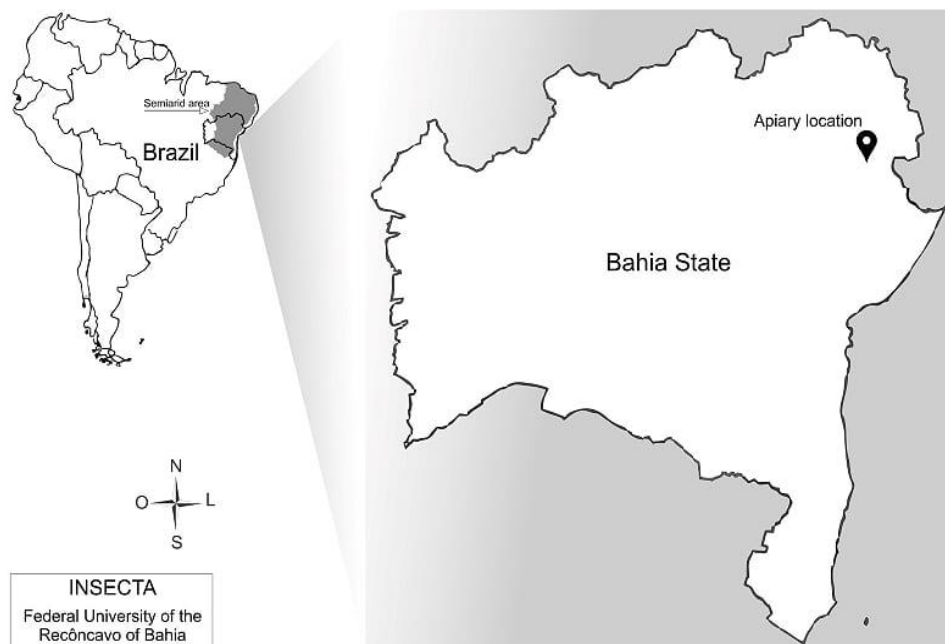


Figura 1. Mapa da América do Sul com destaque para o Semiárido brasileiro (cinza escuro) e a localização dos apiários, Bahia, Brasil.

Avaliação da infestação por *Varroa destructor*

As colônias não foram infestadas artificialmente com o ácaro *V. destructor*. Desta forma, a presença dos ácaros nas colônias foi confirmada após as colônias terem sido estabelecidas no apiário, procedendo-se, mensalmente, a avaliação da taxa de infestação pelo ácaro em abelhas adultas, durante o período de um ano.

Para avaliar o nível de infestação em adultos, foram colhidas aproximadamente 300 abelhas por colônia da área central e mortas rapidamente e mantidas dentro de álcool absoluto (99,6%), até que as abelhas e ácaros fossem separados (se os ácaros fossem encontrados). O nível de infestação por colônia foi determinado pela divisão do número de ácaros pelo número de abelhas, multiplicado por 100 (Dietemann et al., 2013).

Deteção dos vírus em abelhas

Os testes para detecção dos vírus DWV (*Deformed Wing Virus*), BQCV (*Black Queen Cell Virus*), IAPV (*Israeli Acute Paralysis Virus*), ABPV (*Acute Bee Paralysis Virus*), CPBV (*Chronic Bee Paralysis Virus*) e KBV (*Kashmir Bee Virus*) foram realizados no laboratório de biologia molecular do grupo de pesquisa

Insecta, localizado no Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Para a detecção dos referidos vírus foram utilizadas 100 abelhas por amostras dos períodos de menor e maior infestação do ácaro *V. destructor* de cada cidade, as quais foram maceradas com nitrogênio líquido. Em seguida, 100 mg do macerado foi utilizado para a extração do RNA utilizando Trizol (Invitrogen, CA, US) de acordo com o protocolo do fabricante. O RNA foi eluído em 50 µl de água ultrapura e quantificado por meio de Biophotometer D30 (Eppendorf, Hamburg, DE) com posterior purificação utilizando o kit CleanSweep PCR Purification Reagent (Applied Biosystems, Vilnius, LTU) de acordo com o protocolo do fabricante.

A reação de cadeia de polimerase em transcriptase reversa (RT-PCR) foi realizada utilizando o kit SuperScrip III One-Step RT-PCR System com Platinum Taq DNA Polymerase (Invitrogen, CA, US) e 40 unidades de Rnase inibidor (Cellco, SP, BR) de acordo com o protocolo do fabricante, em 50 µl de reação utilizando 250ng de RNA.

Como controle positivo foram utilizadas amostras previamente sequenciadas para cada virose (Tabela 1) e como controle negativo foi utilizada água ultrapura. A amplificação do produto da RT-PCR foi realizada por eletroforese em gel de agarose (Invitrogen, CA, US) a 2% com visualização em transiluminador com luz ultravioleta L-Pix (Loccus, SP, BR). Cada amostra foi submetida três vezes a RT-PCR para os vírus testados.

Tabela 1. Primers utilizados para detecção dos vírus DWV (*Deformed Wing Virus*), BQCV (*Black Queen Cell Virus*), IAPV (*Israeli Acute Paralysis Virus*), ABPV (*Acute Bee Paralysis Virus*), CPBV (*Chronic Bee Paralysis Virus*) e KBV (*Kashmir Bee Virus*) em colônias de abelhas africanizadas do Semiárido da Bahia, Brasil.

Iniciador	Sequência	T	Referência	
AIV F	5'-GGTGCCCTATTTAGGGTGAGGA-3'	460	Sguazza et al. 2013	
ABPV R	5'- ACTACAGAAGGCAATGTCCAAGA-3'			
BQCV F	5'- CTTTATCGAGGAGGAGTTTCGAGT-3'	536		
BQCV R	5'-GCAATAGATAAAGTGAGCCCTCC-3'			
CBPV F	5'-AACCTGCCTCAACACAGGCAAC-3'	774		
CBPV R	5'- ACATCTCTTCTTCGGTGTCAGCC-3'			
AIV F	5'-GGTGCCCTATTTAGGGTGAGGA-3'	158		
IAPV R	5'-GGGAGTATTGCTTTCTTGTTGTG-3'			
DWV F	5'-TAGTGCTGGTTTTCCCTTGTC-3'	150		Highfield et al. 2009
DWV R	5'-CTGTGTCGTTGATAATTGAATCTC-3'			
Kashmir F	5'-GATGAACGTCGACCTATTGA-3'	415	Stoltz et al. 1995	
Kashmir R	5'-TGTGGGTTGGCTATGAGTCA-3'			

T=tamanho do amplicon

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à Análise de Correspondência Múltipla (ACM). A ACM foi empregada para investigar a existência de associação entre as variáveis categóricas: alta e baixa infestação pelo ácaro *V. destructor* e a presença dos vírus DWV, BQCV, IAPV, ABPV, CPBV e KBV.

Resultados

Apenas os vírus DWV, IAPV e ABPV foram detectados, mas as frequências variaram: DWV foi detectado em apenas 21,4% das amostras, IAPV e ABPV em 50% (Tabela 2).

A Figura 2A traz a correspondência múltipla entre as variáveis (Infestação pelo ácaro *V. destructor*, DWV, IAPV, ABPV, KBV, BQCV e CPBV) na Figura 2B estão as categorias Infestação pelo ácaro *V. destructor* (alta e baixa) e presenças e ausências nas variáveis estudadas. Observam-se na Figura 2A que as variáveis IAPV e ABPV mostraram o mesmo desempenho, localizados no mesmo ponto no gráfico, e foram que mais contribuíram para Dim1. A variável DWV foi a que mais contribuiu para Dim 2. As variáveis KBV, BQCV e CPBV localizadas na origem do gráfico, logo, são variáveis que não contribuíram para a análise de

correspondência, portanto, não tiveram variação nas respostas para variável infestação.

Tabela 2. Resultados das análises para os seguintes vírus DWV=Deformed wing vírus, BQCV=Black Queen Cell Virus, IAPV= Israeli acute paralysis vírus, ABPV= Acute bee paralysis vírus, CPBV= Chronic bee paralysis vírus, KBV= Kashmir bee vírus, sendo P e N, para presença e ausência, respectivamente.

Localidade	Infestação V. destructor	TI V. destructor (%)	DWV	BQCV	IAPV	ABPV	CPBV	KBV
Andorinha	Baixa	0	P	N	P	P	N	N
Andorinha	Alta	1,7	P	N	N	N	N	N
Campo Formoso	Baixa	0,8	N	N	N	N	N	N
Campo Formoso	Alta	17,1	N	N	P	P	N	N
Filadélfia	Baixa	0	N	N	P	P	N	N
Filadélfia	Alta	19,5	N	N	N	N	N	N
Itiúba	Baixa	0	N	N	N	N	N	N
Itiúba	Alta	27,5	N	N	P	P	N	N
Jaguarari	Baixa	0,6	N	N	P	P	N	N
Jaguarari	Alta	18,1	P	N	P	P	N	N
Ribeira do Pombal	Baixa	0	N	N	P	P	N	N
Ribeira do Pombal	Alta	17,8	N	N	N	N	N	N
Senhor do Bonfim	Baixa	1,6	N	N	N	N	N	N
Senhor do Bonfim	Alta	29,1	N	N	N	N	N	N

TI=Taxa de infestação pelo *Varroa Destructor* (%)

Considerando a Figura 2B, pode-se observar que para o primeiro eixo, as categorias baixa infestação, IAPV_P e ABPV_P estão localizadas à direita enquanto alta infestação, IAPV_N e ABPV_N estão à esquerda do eixo. Dessa forma, pode-se concluir que baixa infestação pelo ácaro *Varroa* está bem relacionada com IAPV_P e ABPV_P, além disso, IAPV_P e ABPV_P estão localizados na mesma posição no gráfico, logo, as duas variáveis tiveram mesmo desempenho para a variável infestação. Também é o caso da alta infestação, que está bem relacionada com IAPV_N e ABPV_N, e o mesmo desempenho das variáveis IAPV_N com ABPV_N.

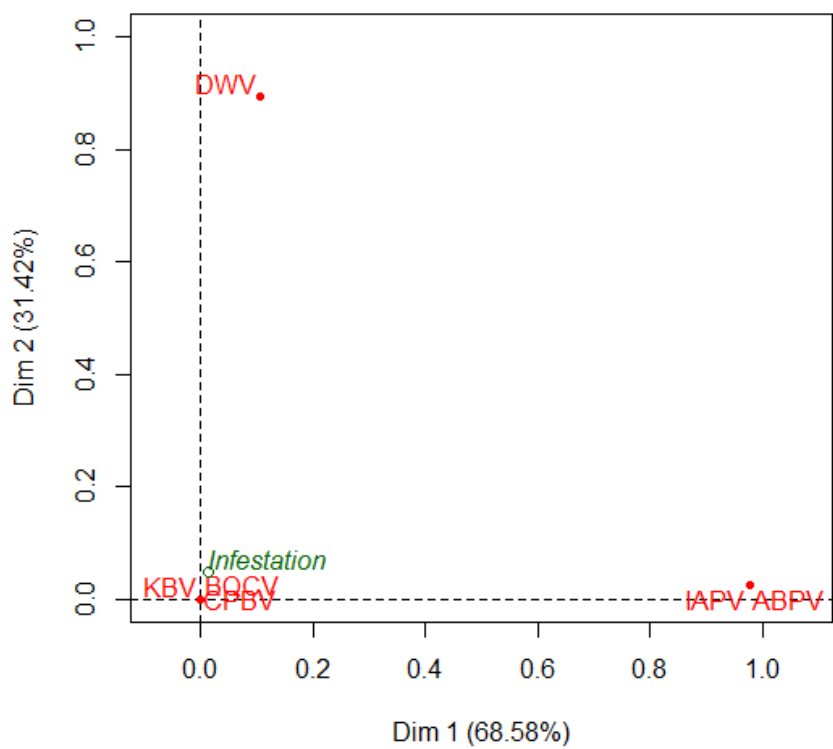
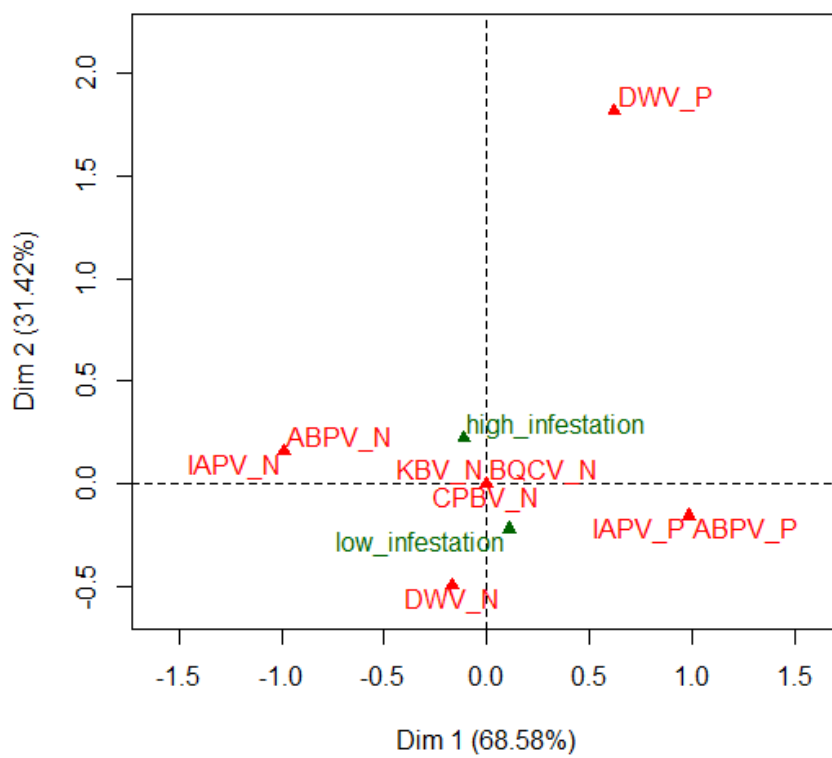
A**B**

Figura 2. A: Análise de correspondência múltipla entre as variáveis infestação pelo ácaro *V. destructor*, DWV, IAPV, ABPV, KBV, BQCV e CPBV; **B:** categorias variáveis infestação pelo ácaro *V. destructor*, (alta e baixa) e presenças e ausências nas variáveis estudadas em amostras de abelhas africanizadas do Semiárido, Bahia, Brasil. DWV_P=*Deformed Wing Virus* positivo, DWV_N=*Deformed Wing Virus* negativo, IAPV_P=*Israeli Acute Paralysis Virus* positivo, IAPV_N=*Israeli Acute Paralysis Virus* negativo, ABPV_P=*Acute Bee Paralysis Virus* positivo, ABPV_N=*Acute Bee Paralysis Virus* negativo, CPBV_P=*Chronic Bee Paralysis Virus* positivo, CPBV_N=*Chronic Bee Paralysis Virus* negativo, KBV_P=*Kashmir Bee Virus* positivo e KBV_N=*Kashmir Bee Virus* negativo.

As três variáveis KBV, BQCV e CPBV existem somente respostas como ausência na infestação e as três categorias KBV_N, BQCV_N e CPBV_N estão localizadas na origem do gráfico, mostraram que essas categorias tiveram mesmo desempenhas para as respostas alta e baixa infestação (Figura 2B).

Apesar da conhecida capacidade de transmissão do vírus DWV pelo ácaro *Varroa* em abelhas europeias (Ball, 1989; Bowen-Walker et al., 1999, Gisder et al., 2009), não foi encontrada uma associação entre a alta infestação pelo *V. destructor* e a prevalência do vírus DWV em abelhas africanizadas da região Semiárida.

A Tabela 3 apresenta os escores das categorias das variáveis da dimensão 1 e 2 no gráfico da análise correspondência. As categorias IAPV_P e ABPV_P foram as que mais contribuíram positivamente para Dim 1 em contraste com as categorias IAPV_N e ABPV_N que contribuíram negativamente. Para dimensão 2, a categoria DWV_P foi a que mais contribuiu positivamente.

Tabela 3. Estatísticas da análise de correspondência múltipla (ACM), e contribuições de explicação para as variáveis analisadas para as duas dimensões do plano fatorial (Dim1 e Dim2).

	Dim 1	Dim 2
DWV_N	-0,170	-0,494
DWV_P	0,623	1,811
BQCV_N	0,000	0,000
IAPV_N	-0,988	0,156
IAPV_P	0,988	-0,156
ABPV_N	-0,988	0,156
ABPV_P	0,988	-0,156
CPBV_N	0,000	0,000
KBV_N	0,000	0,000
Alta_infestação	-0,110	0,222
Baixa_infestação	0,110	-0,222

Discussão

Este é o primeiro trabalho de detecção molecular de viroses em abelhas africanizadas da região Semiárida do Brasil. Apenas os vírus DWV, IAPV e ABPV foram detectados, mas as frequências variaram. Os níveis são mais baixos do que os encontrados em outros países do mundo. No Brasil, os vírus ABPV, BQCV e o DWV foram identificados em abelhas *A. mellifera* na região Sudeste (Teixeira et al., 2008). Ao analisar amostras de abelhas provenientes de Cruz das Almas, Bahia, parasitadas por *V. destructor*, e infectadas pelo vírus DWV (abelhas deformadas) e assintomáticas verificou-se resultado positivo para o vírus DWV, sendo que as abelhas com asas deformadas apresentaram a maior carga viral (Brettell et al., 2017).

A não detecção do vírus BQCV nas amostras analisadas pode ter ocorrido em virtude do período de coleta das amostras, pois a incidência deste vírus está diretamente relacionada à época de enxameação, maior período de produção de rainhas e zangões (Berényi et al., 2006). Este vírus é pouco associado a *V. destructor* e fortemente relacionado ao parasita intestinal *Nosema* (Bailey et al., 1983).

Apesar da diversidade de vírus transmitido por *V. destructor*, apenas as infecções por ABPV e DWV, na presença do ácaro *Varroa* tem sido consideradas

letais e contribuído para as perdas de colônias (McMenamin & Genersch, 2015). Apesar da gravidade de todas essas patologias, ainda não existe uma completa compreensão dos mecanismos e aspectos envolvidos na transmissão da maioria dos patógenos das abelhas, principalmente os vírus das abelhas, que ainda são mal caracterizados (Amiri et al., 2018).

Muitos estudos evidenciam a interação conjunta entre o ácaro *Varroa* e o vírus DWV (Martin et al., 2012; Martin et al., 2013; Mondet et al., 2014; Tehel et al., 2019). Entretanto, no presente estudo não foi constatada a associação entre a alta infestação pelo *V. destructor* e o vírus DWV em abelhas africanizadas da região Semiárida. Esta independência na atuação destes patógenos também foi verificado por Roberts et al. (2017), onde foram detectados cinco vírus (BQCV, LSV1, SBV, IAPV e LSV2) em abelhas *A. mellifera*, apesar da ausência do *V. destructor*. Isto reforça a hipótese de que os vírus podem ser altamente prevalentes em populações de *A. mellifera*, independentemente do ácaro *Varroa*. Apesar disso, deve-se manter o constante monitoramento, pois a interação copatogênica de *V. destructor* e o DWV é um fator-chave para o aumento das perdas de colônias, mas estressores adicionais, como pesticidas, má nutrição, etc., podem permitir a ocorrência de perdas mais severas e frequentes de colônias (Roberts et al, 2017).

Esta interindependência entre o ácaro *Varroa* e vírus DWV pode ser explicada pelas suas outras diversas rotas de transmissão dos vírus, por exemplo: rainhas contaminadas por seus genitores ou por zangões durante o acasalamento (Chen et al., 2006; Yue et al., 2007; Mockel et al., 2011, Pesada-Florez et al, 2019), cargas polínicas contaminadas coletadas por abelhas campeiras não infectadas (Singh et al., 2010). O que se sabe é que apesar da quantidade de estudos desenvolvidos nesta área, os mecanismos moleculares que regulam a interação entre o vírus e o ácaro, bem como os processos de transmissão ainda não estão totalmente elucidados (Tantillo et al., 2015).

Apesar dos vários estudos sobre os agentes indutores da alarmante perda de colônias vivenciada em todo o mundo, não foi revelado um agente causal específico, mas sim um complexo multifatorial, sempre associado a altos níveis de parasitas e patógenos. Uma grande quantidade de estressores bióticos e abióticos interfere diretamente na replicação viral, sendo necessária uma

compreensão mais aprofundada dos mecanismos moleculares envolvidos neste processo (Di Prisco et al., 2016).

Conclusões

Não foi confirmada a associação entre o ácaro *V. destructor* e os vírus DWV, BQCV, IAPV, ABPV, CPBV e KBV. Os mecanismos envolvidos na proliferação viral em abelhas africanizadas infestadas pelo ácaro são complexos e ainda pouco conhecidos. São necessários estudos complementares que evidenciem o papel do *Varroa* na dinâmica da infecção viral em abelhas africanizadas, bem como o permanente monitoramento destes patógenos a fim de evitar problemas futuros.

Referências bibliográficas

Annoscia, D., Brown, S. P., Di Prisco, G., De Paoli, E., Del Fabbro, S., Frizzera, D., Nazzi, F. (2019). Haemolymph removal by *Varroa* mite destabilizes the dynamical interaction between immune effectors and virus in bees, as predicted by Volterra's model. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 286(1901), 1-9.

Amiri, E., Kryger, P., Meixner, M. D., Strand, M. K., Tarpy, D. R., & Rueppell, O. (2018). Quantitative patterns of vertical transmission of deformed wing virus in honey bees. **PLoS ONE**, 13(3), 1-12.

Bailey, L., Ball, B. V., Perry, J. N. (1983). Association of viruses with two protozoal pathogens of the honey bee. **Annals of Applied Biology**, 103, 13–20.

Ball, B. V. (1989). *Varroa jacobsoni* as a virus vector. In **Present status of varroaosis in Europe and progress in the varroa mite control**. Proc. of EC-Experts Group, 28–30 November 1988, Udine, Italy (ed. Cavalloro R), pp. 241-244. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

Berényi, O., Bakonyi, T., Derakhshifar, I., Koglbberger, H., Nowotny, N. (2006). Occurrence of six honeybee viruses in diseased Austrian apiaries. **Applied and Environmental Microbiology**, 72(4), 2414–2420.

Bowen-Walker, P. L., Martin, S. J., Gunn, A. (1999). The transmission of deformed wing virus between honeybees (*Apis mellifera* L.) by the ectoparasitic mite *Varroa jacobsoni* Oud. **Journal of Invertebrate Pathology**, 73, 101-106.

Brettell, L. E., Mordecai, G. J., Schroeder, D. C., Jones, I. M., Da Silva, J. R., Vicente-Rubiano, M., Martin, S. J. (2017). A Comparison of Deformed Wing Virus in Deformed and Asymptomatic Honey Bees. **Insects**, 8(28), 1-12.

Chen, Y. P., Pettis, J. S., Collins, A., Feldlaufer, M. F. (2006). Prevalence and transmission of honeybee viruses. **Applied and environmental microbiology**, 72, 606–611.

Chen, Y. P., Siede, R. (2007). Honey bee viruses. **Advances in Virus Research**, 70, 33-80.

Correia-Oliveira, M. E., Mercês, C. C., Mendes, R. B., Neves, V. S. L., Silva, F. L., & Carvalho, C. A. L. De. (2018). Can the Environment Influence Varroosis Infestation in Africanized Honey Bees in a Neotropical Region? **Florida Entomologist**, 101(3), 464–469.

Di Prisco, G., Pennachio, F., Caprio, E., Boncristiani, H. F., Evans, J. D., Chen, Y. (2011). *Varroa destructor* is an effective vector of Israeli acute paralysis virus in the honeybee, *Apis mellifera*. **Journal of General Virology**, 92, 151-155.

Dietemann, V., Nazzi, F., Martin, S.J., Anderson, D.L., Locke, B., Delaplane, K.S., Wauquiez, Q., Tannahill, C., Frey, E., Ziegelmann, B., Rosenkranz, P., Ellis, J.D. (2013). Standard methods for varroa research, **Journal of Apicultural Research**, 52(1), 1-54.

Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L. (2009). **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 679p.

Johnson, R. A. & Wichern, D. W. (2007). **Applied Multivariate Statistical Analysis**, Sexta Edição. New York: Prentice Hall, 580p.

Gisder, S., Aumeier, P., Genersch, E. (2009). Deformed wing virus: replication and viral load in mites (*Varroa destructor*). **Journal of General Virology**, 90, 463–467.

Li, J. L, Cornman, R. S., Evans, J. D, Pettis, J. S., Zhao, Y., Murphy, C., Pen, W. J., Wu, J., Hamilton, M., Boncristiani, H. F. (2014). Systemic spread and propagation of a plant-pathogenic virus in European honeybees, *Apis mellifera*. **American Society for Microbiology**, 5(1), 1-11.

Martin, S. J. (2001). The role of Varroa and viral pathogens in the collapse of honeybee colonies: a modelling approach. **Journal of Applied Ecology**, 38, 1082–1093.

Martin, S. J., Highfield, A., Brettell, L. E., Nikado, S., Villalobos, E. & Schoder, D. (2012). Global honey bee viral landscape altered by a parasitic mite. **Science**, 336 (6086), 1304-1306.

Martin, S. J., Ball, B. V., & Carreck, N. L. (2013). The role of deformed wing virus in the initial collapse of varroa infested honey bee colonies in the UK. **Journal of Apicultural Research**, 52(5), 251–258.

Maori E., Lavi, S., Mozes-Koch, R., Gantman, Y., Edelbaum, O., Tanne, E., Sela, I. (2007). Isolation and characterization of IAPV, a dicistrovirus affecting honeybees in Israel: evidence for intra- and inter-species recombination. **The Journal of General Virology**, 88, 3428-3438.

McMenamin, A. J., & Genersch, E. (2015). Honey bee colony losses and associated viruses. **Current Opinion in Insect Science**, 8, 121–129.

McMahon, D. P., Natsopoulou, M. E., Doublet, V., Furst, M., Weging, S., Brown, M. J. F. (2016). Elevated virulence of an emerging viral genotype as a driver of honeybee loss. **Proceedings of the Royal Society**, 283(1833), 1-12.

Miranda, J. R. & Genersch, E. Deformed wing virus. (2010). **Journal of Invertebrate Pathology**, 103, S48–S61.

Mockel, N., Gisder, S., Genersch, E. (2011). Horizontal transmission of deformed wing virus: pathological consequences in adult bees (*Apis mellifera*) depend on the transmission route. **Journal of General Virology**, 92, 370–377.

Mondet, F., Rau, A., Klopp, C., Rohmer, M., Severac, D., Le Conte, Y., & Alaux, C. (2018). Transcriptome profiling of the honeybee parasite *Varroa destructor* provides new biological insights into the mite adult life cycle. **BMC Genomics**, 19(328), 1-19.

Mondet, F., de Miranda, J. R., Kretzschmar, A., Le Conte, Y., Mercer, A. R. (2014). On the front line: Quantitative virus dynamics in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies along a new expansion front of the parasite *Varroa destructor*. **PLoS Pathogens**, 10(8), e1004323.

Roberts, J. M. K., Anderson, D. L., & Durr, P. A. (2017). Absence of deformed wing virus and *Varroa destructor* in Australia provides unique perspectives on honeybee viral landscapes and colony losses. **Nature: Scientific Reports**, 7(1), 1-11.

Rosenkranz, P., Aumeier, P., Ziegelmann, B. (2010). Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal of Invertebrate Pathology**, 103, S96-S119.

Ryabov, E. V., Wood, G. R., Fannon, J. M., Moore, J. D., Bull, J. C., Chandler, D., Mead, A., Burroughs, N., Evans, D. J. (2014). A Virulent Strain of Deformed Wing Virus (DWV) of Honeybees (*Apis mellifera*) Prevails after *Varroa destructor*-Mediated, or In Vitro, Transmission. **PLoS Pathogens**, 10(6), e1004230.

Schneider, S. S., DeGrandi-Hoffman, G. & Smith, D. R. (2004). The African Honey Bee: Factors contributing to a successful biological invasion. **Annual Review of Entomology**, 49, 351-376.

Silva, D. B., Pires, M. M. de S., Nassar, S. M. (2002). Pediatric cancer: analysis of hospital records. **Jornal de Pediatria**, 78(5), 409-414.

Singh, R., Levitt, A. L., Rajotte, E. G., Holmes, E. C., Ostiguy, N. (2010). RNA Viruses in Hymenopteran Pollinators: Evidence of Inter-Taxa Virus Transmission via Pollen and Potential Impact on Non-*Apis* Hymenopteran Species. **PLoS ONE**, 5(12), e14357.

Spurny, R., Pridal, A., Pálková, L., Kiem, H. K. T., de Miranda, J. R., Plevka, P. (2017). Virion structure of black queen cell virus, a common honeybee pathogen. **Journal of Virology**, 91(6).

Thaduri, S., Stephan, J. G., de Miranda, J. R., & Locke, B. (2019). Disentangling host-parasite-pathogen interactions in a varroa-resistant honeybee population reveals virus tolerance as an independent, naturally adapted survival mechanism. **Scientific Reports**, 9(6221), 1- 10.

Teixeira, E. W., Chen, Y., Message, D., Pettis, J., Evans, J. D. (2008). Virus infections in Brazilian honey bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, 99, 117–119.

Tehel, A., Vu, Q., Bigot, D., Gogol-Döring, A., Koch, P., Jenkins, C., Paxton, R. (2019). The Two Prevalent Genotypes of an Emerging Infectious Disease, Deformed Wing Virus, Cause Equally Low Pupal Mortality and Equally High Wing Deformities in Host Honey Bees. **Viruses**, 11(2), 114.

Wilfert, L. et al. (2016). Deformed wing virus is a recent global epidemic in honeybees driven by Varroa mites. *Science*, 80(351), 594–597.

Yue, C., Schroder, M., Gisder, S., Genersch, E. (2007). Vertical transmission routes for deformed wing virus of honeybees (*Apis mellifera*). **The Journal of general virology**, 88, 2329–2336.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Colônias de abelhas africanizadas na região semiárida são fortemente afetadas pelos fatores climáticos e muitas vezes desaparecem na estação seca. Este foi o primeiro estudo que avaliou o comportamento de colônias e as taxas de infestação pelo *V. destructor*, bem como a sua associação com viroses letais, durante um ano nesta região. As taxas de infestação encontradas foram consideradas baixas, não requerendo a indicação de métodos de controle do ácaro neste momento.

Entretanto, deve-se realizar o constante monitoramento das colônias desta região, tendo em vista que as colônias de abelhas africanizadas não apresentaram comportamento de remoção de pupas compatíveis com colônias higiênicas no período de 24 horas. Outros fatores distintos do comportamento higiênico podem estar atuando no controle do ácaro pelas abelhas africanizadas. Porém, os apicultores necessitam de acompanhamento técnico e permanente monitoramento suas colônias, tendo em vista a quantidade de agentes estressores bióticos e abióticos que são encontrados nesta região.

Além disso, não foi confirmada a associação entre o ácaro *V. destructor* e os vírus DWV, BQCV, IAPV, ABPV, CPBV e KBV. São necessários estudos complementares que evidenciem o papel do Varroa na dinâmica da infecção viral em abelhas africanizadas na região deste estudo, bem como o permanente monitoramento destes patógenos, a fim de evitar problemas futuros nas colmeias.