

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

PROPOSTA DE MODELO DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA A
DEFENSIVIDADE EM ABELHAS AFRICANIZADAS COMO SUBSÍDIO PARA
UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO

Vitor Tristão Sacchi

SÃO JOÃO DEL REI-MG

OUTUBRO DE 2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI
CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES
CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

PROPOSTA DE MODELO DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA A
DEFENSIVIDADE EM ABELHAS AFRICANIZADAS COMO SUBSÍDIO PARA
UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO

Vitor Tristão Sacchi

Zootecnista

VITOR TRISTÃO SACCHI

PROPOSTA DE MODELO DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA A
DEFENSIVIDADE EM ABELHAS AFRICANIZADAS COMO SUBSÍDIO PARA
UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-*Campus* Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Comitê de Orientação:

Orientador: Profa. Dra. Leila de Genova Gaya (UFSJ/CTAN)

Ficha Catalográfica Elaborada na Seção de Processos Técnicos, da Biblioteca da
UFSJ/CTAN.

Bibliotecário(a): _____

SACCHI, V.T.

Proposta de modelo de avaliação genética para defensividade em abelhas africanizadas
como subsídio para um programa de melhoramento genético/ Vitor Tristão Sacchi -
2018

Defesa (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de São João Del Rei
– *Campus* Tancredo de Almeida Neves, São João Del Rei, 2018.

Bibliografia.

Orientadora: Leila de Genova Gaya

VITOR TRISTÃO SACCHI

PROPOSTA DE MODELO DE AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA A
DEFENSIVIDADE EM ABELHAS AFRICANIZADAS COMO SUBSÍDIO PARA
UM PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: ____/____/____

Comissão Examinadora:

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois sem ele nada é possível.

À Universidade Federal de São João Del Rei, pela oportunidade de ter cursado este curso.

À todos os professores do Departamento de Zootecnia da UFSJ, pela cumplicidade, ensinamentos e dedicação inesgotável para fazer do curso de Zootecnia um dos melhores do país.

À minha família, por todo apoio que me deram.

À minha mãe (Valéria de Cassia Tristão), por ser responsável pela pessoa que sou.

À Carolina Sousa Mângia Carvalho, minha esposa, e Alice Sousa Mângia Carvalho, minha filha, por estarem sempre ao meu lado.

À todos os amigos do curso que tive o prazer de conhecer.

Ao meu Tio (Ricardo), pelo apoio no final do curso.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Uma pessoa que considero muito além de somente uma professora, uma amiga para o resto da vida. Dona de uma determinação inabalável, um conhecimento inesgotável, uma dedicação invejável, um carisma cativante e uma cumplicidade digna de melhores amigos. A essa pessoa, a Profa. Dra. Leila de Genova Gaya, deixo os meus mais sinceros agradecimentos pela oportunidade de ter sido seu aluno e acima de tudo pela amizade que irei levar comigo por toda vida. Obrigado por tudo.

Aos meus queridos “Ousados”, Arícia, Francislane, Priscila, Sara, Júlia, Valeska e Zélia, pela amizade. Mesmo tendo desavenças e diferenças de opiniões, nos mostramos muito mais do que amigos, somos uma família. A todas vocês meu muito obrigado.

RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho definir uma proposta de modelo de avaliação genética para a defensividade de colônias de abelhas africanizadas de três municípios da Região do Campo das Vertentes, Minas Gerais, por meio da identificação de influências não-genéticas significativas sobre essa variável. Foram utilizadas 57 caixas totalizando 115 coletas. Os parâmetros utilizados para a avaliação dessa variável foram escores para agressividade, distância de perseguição ao apicultor, ataque à máscara, saída da caixa e reação à fumaça. Para a verificação da consistência da atribuição dos escores pelo observador, estimaram-se os coeficientes de correlação de Spearman entre os parâmetros. Para a identificação das co-variáveis significativas foi utilizada a análise de regressão logística, assumindo-se o nível de significância de 5% e o estudo dos possíveis efeitos categóricos não-genéticos foi realizado pelo método de análise de correspondência múltipla. Os coeficientes de correlação obtidos sugeriram que a defensividade pode ser avaliada de forma eficiente nas abelhas africanizadas da região por meio do protocolo experimental proposto. Os parâmetros meteorológicos, avaliados enquanto co-variáveis, estiveram relacionados, em sua maioria, com os parâmetros de defensividade das abelhas avaliadas, assim como as influências de tamanho da colônia, apicultor e estação do ano. Recomenda-se a inclusão das influências de tamanho da colônia, apicultor, estação do ano e variáveis meteorológicas nos modelos de avaliação genética a serem aplicados aos parâmetros de defensividade, com vistas à obtenção de estimativas mais seguras para a realização do protocolo de seleção nas abelhas africanizadas estudadas.

Palavras-chave: agressividade, análise multivariada, apicultura, modelo animal, regressão logística.

ABSTRACT

The purpose of this work is to define the genetic evaluation model for the defensive behavior of africanized honeybees ecotypes from three counties in the Campo das Vertentes Region, Minas Gerais, through the identification of significant non-genetic influences on this variable. The parameters used for the evaluation of this variable were scores for aggressiveness, distance of persecution to the beekeeper, attack on the mask, exit of the box and reaction to the smoke. In order to verify the consistency of the assignment of the scores by the observer, the Spearman correlation coefficients were estimated. For the identification of significant covariates, logistic regression analysis was used, and the study of possible non-genetic categorical effects was performed using the multiple correspondence analysis method. The correlation coefficients obtained suggest that the defensiveness can be evaluated efficiently in the africanized honeybees of the region by means of the proposed experimental protocol. The meteorological parameters evaluated as covariables were mostly related to the defensiveness parameters of the honeybees evaluated, as well as the size influences of the ecotype, beekeeper and season of the year. It is recommended to include influences of size of ecotype, beekeeper, season of the year, and meteorological variables in the models of genetic evaluation to be applied to the parameters of defensiveness in order to obtain safer estimates for the accomplishment of the selection protocol of the studied honeybees.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Saída das abelhas da caixa	1
Figura 2.	Abelhas atacando a máscara	2
Figura 3.	Verificação do número de abelhas no EPI e a quantidade de ferroadas	3
Figura 4.	Reação das abelhas à fumaça	4
Figura 5.	Perseguição das abelhas ao apicultor	5
Figura 6.	Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade AGRE (agressividade) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)	6
Figura 7.	Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade ATK (ataque à máscara) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)	7
Figura 8.	Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade RFU (reação à fumaça) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)	8
Figura 9.	Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade SAI (saída da caixa) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)	9
Figura 10.	Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade PAPI (perseguição ao apicultor) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)	10

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Frequência dos escores aplicado aos parâmetros de defensividade avaliados	12
Tabela 2.	Estatísticas descritivas para os parâmetros de defensividade da população de abelhas avaliada	13
Tabela 3.	Estatísticas descritivas para os parâmetros meteorológicos do período avaliado	13
Tabela 4.	Coefficientes de correlações de Spearman entre os parâmetros de defensividade de abelhas africanizadas estudadas	14
Tabela 5.	Significância estatística das análises de regressão logística para os parâmetros de defensividade em função das condições meteorológicas, para a população de abelhas africanizadas estudadas	15

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	XII
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. <i>Efeitos de ambiente sobre a defensividade</i>	3
2.2. <i>Melhoramento genético para a defensividade</i>	3
3. MATERIAL E MÉTODOS	5
3.1 <i>Origem dos dados</i>	5
3.2 <i>Análises estatísticas</i>	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
4.1 <i>Frequências e Estatísticas descritivas</i>	12
4.2 <i>Correlações de Spearman</i>	13
4.3 <i>Análises de regressão logística</i>	14
4.4 <i>Análise multivariada de correspondência múltipla</i>	17
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade ainda em ascensão, mas que tem se mostrado lucrativa e de simples manejo. O baixo custo de implantação, o retorno rápido e a reduzida mão de obra são os maiores responsáveis pela crescente expansão da atividade, que nos últimos 20 anos duplicou seus números somente no Brasil (IBGE, 2016).

As abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) são consideradas a espécie de abelha mais produtiva dentre todas, contudo, junto com sua alta produção há também a alta capacidade defensiva. Tal capacidade defensiva gera problemas para os apicultores, pois dificulta o manejo de forma geral e faz com que a atividade tenha que ser implantada em áreas pouco povoadas para evitar acidentes.

O CVE (Centro de Vigilância Epidemiológica) de São Paulo registrou aproximadamente 10.000 casos de acidentes com abelhas africanizadas em 2011 (Oliveira, 2012). De 2007 a 2014, segundo Terças et. al (2017), foram registrados 63.501 casos de acidentes humanos por picadas de abelhas africanizadas no Brasil, e destes, 208 evoluíram para óbito em decorrência de manifestações clínicas alérgicas e tóxicas.

Diante desse cenário, um programa de melhoramento genético visando a obtenção de linhagens de abelhas menos defensivas se torna aconselhável para que se possa diminuir os números de acidentes e facilitar o manejo transformando a atividade mais atrativa para o produtor.

Objetivou-se com este trabalho estabelecer uma proposta de modelo de avaliação genética para a característica defensividade em abelhas africanizadas das cidades de São João del-Rei, Prados e Lagoa Dourada, na região do Campo das Vertentes, Sudeste de Minas Gerais, como subsídio para programas de melhoramento genético nestas populações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As abelhas africanizadas são um poli-híbrido, originadas do cruzamento entre as espécies *A. m. scutellata*, *A. m. ligustica*, *A. m. mellifera*, *A. m. carnica* e *A. m. caucásica*. Tais cruzamentos possibilitaram um aumento na produção de mel no Brasil, mas geraram também características indesejáveis, como a alta tendência de enxameação (abandono da caixa pelo enxame) e alta defensividade (Gonçalves, 1974).

Segundo o último censo realizado, o Brasil duplicou sua produção de mel nos últimos 20 anos, partindo de uma produção de 18,122 mil toneladas em 1995 para 39,59 mil toneladas em 2015, sendo as regiões Sul (43,1% do total) e Nordeste (26,1% do total) destaques neste cenário, totalizando quase 30 mil toneladas (IBGE, 2016). Neste mesmo ano o setor faturou no mercado interno um total de 470,51 milhões de reais com produtos de origem apícola. Isso prova que, mesmo lentamente, a atividade vem crescendo e ganhando espaço no âmbito nacional (IBGE, 2016).

Este crescimento se deve a fatores favoráveis como o baixo investimento necessário para iniciar a atividade, bom retorno financeiro e a necessidade de mão-de-obra e manutenção reduzida. Além disso, sua extensa área territorial, diversidade da flora e variabilidade climática fazem com que o país tenha sido reconhecido pelo seu potencial para a exploração apícola (Mendes et al., 2009). Uma das maiores vantagens da apicultura é gerar renda paralelamente a outra atividade rural, o que pode ser de grande relevância em circunstâncias econômicas desfavoráveis.

As abelhas africanizadas possuem tendência a alta defensividade, especialmente aquelas que apresentam maior capacidade de produção de mel (Garcia et al., 2013). O comportamento defensivo das abelhas melíferas é uma defesa primária contra possíveis saqueadores de mel e pólen e predadores de sua prole, segundo Papachristoforou et al. (2011) e Kasperek et al. (2012). Este comportamento, de acordo com os mesmos autores, está relacionado a fatores genéticos e ambientais, como temperatura, umidade e pressão atmosférica.

Os causadores mais comuns de acidentes em seres humanos são os insetos da ordem Hymenoptera (Langley & Morrow 1997; Langley, 2005). No Brasil, eles incluem principalmente abelhas (*Apis mellifera*), marimbondos (*Polistes spp.*) e mamangavas (*Bombus spp.*) (Cardoso et al., 2003). Tais acidentes possuem grande

relevância médica e veterinária, pois os insetos dessa ordem possuem aparelho inoculador de veneno (ferrão), o qual pode resultar em uma reação de hipersensibilidade por apenas uma ferroadada (reação alérgica), bem como envenenamento por poucas (reação tóxica local ou reação habitual) ou múltiplas ferroadadas (reação tóxica sistêmica) (Cardoso et al., 2003).

2.1. Efeitos de ambiente sobre a defensividade

São reportados na literatura alguns efeitos não genéticos sobre a variação da defensividade em abelhas. Abelhas advindas de colônias menos defensivas quando colocadas em colônias mais defensivas demonstram o comportamento de maior defensividade e vice-versa (Guzman-Novoa & Page, 1994), sugerindo que o efeito comportamental do meio pode ser importante para a expressão da característica. A temperatura ambiente também possui influência direta sob a defensividade das abelhas, sendo uma maior defensividade observada nas horas mais quentes do dia (Schmidt-Nielsen, 2010). Outro aspecto não genético relatado na literatura é que as abelhas utilizam feromônios para se comunicar e isso gera uma resposta maior ou menor à defensividade de acordo com o tipo e quantidade de feromônio liberado (Oliveira, 2012).

2.2. Melhoramento genético para a defensividade

A propensão a ferroadadas (defensividade) é regulada não somente pelo ambiente, mas também sofre efeito da genética (Giray et al., 2000). Stort (1975) reporta que o componente do comportamento defensivo é devido a atividade de dois pares de genes sem dominância entre eles (genes ressessivos). A herdabilidade para a característica de defensividade é alta (os estudos encontraram de 0,4 a 0,6), ou seja, uma porcentagem significativa da expressão desse comportamento se deve a ação genética aditiva (Garcia et al., 2013; Bienefeld & Pirchner, 1990)

Por esses motivos, a defensividade é uma variável a ser considerada como critério de seleção nas populações apícolas, na tentativa de se identificarem as colmeias com menor defensividade, facilitando, assim, as práticas de manejo na apicultura e reduzindo os acidentes com ferroadadas. Nesse sentido, a rainha é o alvo de interesse para

o melhoramento genético, pois são herdadas a partir dela, características como produtividade da colônia, baixo comportamento defensivo, baixa tendência à enxameação e alto comportamento higiênico (Souza et al., 2012).

Para que se pratique o melhoramento genético em apicultura, é preciso conhecer a parcela genética responsável pela expressão da variável de interesse, sabendo-se também que os fatores ambientais interferem diretamente na defensividade (Papachristoforou et al., 2011; Kasperek et al., 2012). Para tal, é necessário estudar os efeitos de origem não genética e as co-variáveis e fontes de variação que possam influenciar o comportamento defensivo das colônias.

Com esse tipo de estudo é possível organizar os indivíduos em grupos de contemporâneos, que fazem parte do modelo animal como efeito fixo nas características de interesse econômico e permitem que a variação ambiental seja isolada da expressão fenotípica da variável. Para a defensividade em abelhas africanizadas o modelo animal é representado por $\mathbf{Y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{Z}_0\mathbf{a} + \mathbf{Z}_1\mathbf{m} + \mathbf{e}$, em que: \mathbf{Y} , é vetor das variáveis dependentes; \mathbf{X} , matriz de incidência dos efeitos fixos; \mathbf{b} , vetor dos efeitos fixos; \mathbf{Z}_0 e \mathbf{Z}_1 , a matriz de incidência dos efeitos aleatórios; \mathbf{a} = vetor do efeito aleatório genético aditivo direto (operárias); \mathbf{m} = vetor do efeito aleatório genético aditivo materno (rainha); \mathbf{e} , vetor de efeitos do resíduo, NID $(0, \sigma^2)$ (Eler, 2014; Büchler, 2015). Sendo assim, as colmeias podem ser comparadas, diminuindo o erro causado pela variação do ambiente, trazendo maior confiabilidade à estimativa de seu mérito genético e proporcionando uma seleção genética mais eficiente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Origem dos dados

Os dados foram coletados a partir de colmeias de apiários localizados nas cidades de São João del-Rei, Prados e Lagoa Dourada, localizadas no Sudeste de Minas Gerais, na região do Campo das Vertentes, totalizando-se 57 caixas. A coleta ocorreu entre 10/07/2017 e 11/02/2018, contando-se, para tanto, com o apoio da Associação de Apicultores de São João del-Rei e Região. O número de colméias por propriedade foi definido em função da disponibilidade de caixas por parte de cada produtor. Os enxames foram mantidos em colméia tipo Langstroth, numerados e marcados para facilitar as anotações em ficha de escrituração zootécnica. Em todas as colônias, foram realizados os procedimentos rotineiros necessários, como limpeza contínua da área ao redor do apiário, diminuição do alvado, troca de quadros, substituição de cera, inclusão ou retirada de quadros de melgueiras.

Em cada caixa observada, o comportamento estudado foi a defensividade, avaliada através das variáveis agressividade, distância de perseguição, ataque à máscara, velocidade de saída da caixa e reação à fumaça. Os dados foram coletados no período da manhã e tarde a cada dois meses e em cada caixa foram realizadas três repetições, com algumas exceções, devido à distância e o difícil acesso aos apiários. O método utilizado foi o de atribuição de escores visuais (Souza et al., 2012), adaptado, com valores variando de 1 a 5, sendo: 1-muito pouca reatividade; 2-pouca reatividade; 3-média reatividade; 4-alta reatividade; 5-altíssima reatividade. Além desses parâmetros, registraram-se também: tamanho da colônia, data da coleta e período do dia (manhã e tarde). Um mesmo observador avaliou subjetivamente o manejo de rotina para a atribuição dos escores (retirada de quadros, uso do fumigador, retirada de melgueiras, etc). Foram acompanhados e tabulados os dados meteorológicos disponíveis *on-line* para a região no período, segundo Instituto Nacional de Meteorologia, Estação Meteorológica Automática de São João del-Rei (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesautomaticas>), pois acredita-se que tais parâmetros possam influenciar na defensividade das abelhas (Papachristoforou et al., 2011; Kaspersek et al., 2012).

Ao iniciar a manutenção na caixa, a primeira variável analisada e foi a frequência de saída das operárias da caixa (SAI) (Figura 1). Nesse momento, o observador avaliou

a quantidade de abelhas e o tempo que estas deixavam a caixa para atacar o alvo (apicultor). Em sequência, foi avaliada a quantidade e a frequência que as abelhas se debatiam na máscara (ATK) (Figura 2) do EPI (Equipamento de Proteção Individual), pois esse comportamento influencia diretamente o campo de visão do apicultor. A variável agressividade (AGRE) (Figura 3) foi avaliada observando-se a quantidade de abelhas e a frequência com que atacavam o EPI como um todo e, posteriormente, era observado se havia muitos ferrões aderidos ao EPI. A reação à fumaça (RFU) (Figura 4) foi avaliada observando-se, se após aflar a fumaça sobre as abelhas já enfurecidas, as mesmas se dispersavam e se tranquilizavam ou não. Após finalizada a manutenção da caixa, observou-se o tempo em que as abelhas perseguiram o alvo (PAPI) (Figura 5), sendo 60 segundos o tempo máximo para esse registro (foi estabelecido tal tempo devido a distância entre as caixas dentro do apiário).

Figura 1. Saída das abelhas da caixa



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 2. Abelhas atacando a máscara



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 3. Verificação do número de abelhas no EPI e a quantidade de ferroadas



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 4. Reação das abelhas à fumaça



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 5. Perseguição das abelhas ao apicultor



Fonte: Arquivo pessoal

3.2 Análises estatísticas

Os dados foram analisados no Laboratório de Melhoramento Genético Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de São João del-Rei, em São João del-Rei, MG. As estatísticas descritivas para as variáveis foram calculadas através do procedimento PROC MEANS do pacote estatístico *Statistical Analysis System* – SAS® (SAS Institute, 2008).

Para verificação da consistência da atribuição dos escores pelo observador, estimaram-se os coeficientes de correlação de Spearman entre as variáveis AGRE, PAPI, ATK, SAI e RFU, por intermédio do procedimento PROC CORR (a nível de significância de 5%), também por meio do *software Statistical Analysis System* – SAS® (SAS Institute, 2008).

O estudo dos possíveis efeitos não genéticos (apicultor, tamanho de colônia (obtida por avaliação visual, compreendendo escores de 1 a 4) e estação do ano à coleta - relacionados ao comportamento defensivo na população avaliada), foi realizado pelo método de análise multivariada, via análise de correspondência múltipla (PROC CORRESP) (SAS Institute, 2008). Foram testados como efeitos fixos estação do ano, tamanho da colônia e apicultor. Os mapas de relacionamento foram plotados com base nos resultados das análises de correspondência múltipla, utilizando-se o programa Microsoft Office Excell®.

Para teste das co-variáveis temperatura média, umidade relativa média, precipitação média e velocidade do vento média, todas ao dia da coleta, foi utilizada a análise de regressão logística, por intermédio do procedimento PROC LOGISTIC (SAS Institute, 2008), a qual permite a identificação da associação entre variáveis discretas (escores dos parâmetros de defensividade) e contínuas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Frequências e Estatísticas descritivas

As frequências dos parâmetros de defensividade avaliados obtidas durante o experimento encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Frequência dos escores aplicado aos parâmetros de defensividade avaliados

Variável	Valor do escore atribuído	Frequência absoluta	Frequência (%)
AGRE	2	56	48,69
	3	37	32,17
	4	22	19,13
PAPI	1	2	1,74
	2	74	64,35
	3	27	23,48
	4	8	6,96
	5	4	3,48
ATK	1	1	0,89
	2	50	43,48
	3	29	25,22
	4	35	30,43
SAI	1	1	0,89
	2	51	44,35
	3	42	36,52
	4	21	18,26
RFU	2	8	6,96
	3	61	53,04
	4	46	40,00

AGRE= agressividade, PAPI= perseguição ao apicultor, ATK= ataque à máscara, SAI= saída da caixa, RFU= reação à fumaça.

As estatísticas descritivas dos parâmetros de defensividade e das co-variáveis estudadas são apresentadas nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2. Estatísticas descritivas para os parâmetros de defensividade da população de abelhas avaliada

Variável	N	Média	Moda	Mediana	MIN	MAX
AGRE (escore)	115	2,70	2,00	3,00	2,00	4,00
PAPI (escore)	115	2,46	2,00	2,00	1,00	5,00
ATK (escore)	115	2,85	2,00	3,00	1,00	4,00
SAI (escore)	115	2,72	2,00	3,00	1,00	4,00
RFU (escore)	115	3,33	3,00	3,00	2,00	4,00

N=número de registros, MIN = valor mínimo, MAX = valor máximo, AGRE= agressividade, PAPI= distância de perseguição ao apicultor, ATK= ataque à máscara, SAI= saída da caixa, RFU= reação à fumaça.

Tabela 3. Estatísticas descritivas para os parâmetros meteorológicos do período avaliado

Co-variável	N	Média	DP	CV(%)	MIN	MAX
tmedia (°C)	115	22,06	2,58	11,73	10,30	18,00
cmedia (mm)	115	0,08	0,10	118,30	0	2
pmedia (hPa)	115	910,50	3,43	0,37	0	915,90
vmedia (m/s)	115	2,94	1,01	34,38	0	2,10

N=número de registros, DP= desvio-padrão, CV= coeficiente de variação, MIN = valor mínimo, MAX = valor máximo, tmedia= temperatura média, cmedia= precipitação média, pmedia= pressão atmosférica média, vmedia= velocidade do vento média.

4.2 Correlações de Spearman

As correlações de Spearman entre as cinco variáveis estudadas foram de moderadas a fortes (uma característica é considerada forte quando está acima de 0,5) e significativas ($p < 0,05$) (Tabela 4), ou seja, todas elas estiveram intensamente relacionadas.

Tabela 4. Coeficientes de correlações de Spearman entre os parâmetros de defensividade de abelhas africanizadas estudadas

	AGRE	PAPI	ATK	SAI	RFU
AGRE	-	0,62	0,82	0,77	-0,59
PAPI	-	-	0,67	0,61	-0,41
ATK	-	-	-	0,77	-0,53
SAI	-	-	-	-	-0,59

AGRE= agressividade, PAPI= distância de perseguição ao apicultor, ATK= ataque à máscara, SAI= saída da caixa, RFU= reação à fumaça. Todas as estimativas foram significativas ($p < 0,05$).

As correlações fenotípicas positivas e significativas indicaram que as variáveis estiveram proporcionalmente associadas, ou seja, quando uma colônia recebeu um escore alto para AGRE, ela também recebeu um escore alto para as demais variáveis, excetuando-se RFU, que apresentou correlação negativa com as demais variáveis, pois, quando uma colônia recebia um escore alto para AGRE, PAPI, ATK e SAI, o escore de RFU era baixo. Percebe-se, portanto, que, uma vez que a colônia se apresente mais agressiva, pouco a fumaça irá fazer efeito como recurso para acalmá-las nessa população.

Entende-se, assim, que o método de atribuição de escores desenvolvido foi eficiente e coerente com as reações fisiológicas esperadas das abelhas, uma vez que o padrão de comportamento defensivo ocorreu conforme o esperado para as relações entre os diferentes tipos de escores estudados.

Diante das correlações apresentadas, recomenda-se que o produtor, caso deseje utilizar a seleção para a defensividade das colônias, opte pelo parâmetro que for a mais viável de ser coletado, pois quando se seleciona para um parâmetro, os outros serão selecionados em conjunto, desde que não se altere a composição genética e condições ambientais.

4.3 Análises de regressão logística

As relações entre os parâmetros de defensividade e as possíveis co-variáveis analisadas (de variação contínua) são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Significância estatística das análises de regressão logística para os parâmetros de defensividade em função das condições meteorológicas, para a população de abelhas africanizadas estudadas

Variável dependente	Variável independente	Valor p*
AGRE	tmedia	0,018*
	cmedia	0,069 ^{ns}
	pmedia	0,004*
	vmedia	0,003*
PAPI	tmedia	0,126 ^{ns}
	cmedia	0,100 ^{ns}
	pmedia	0,082 ^{ns}
	vmedia	0,118 ^{ns}
ATK	tmedia	0,006*
	cmedia	0,094 ^{ns}
	pmedia	0,001*
	vmedia	0,0005*
SAI	tmedia	0,008*
	cmedia	0,040*
	pmedia	0,001*
	vmedia	0,0009*
RFU	tmedia	0,315 ^{ns}
	cmedia	0,158 ^{ns}
	pmedia	0,081 ^{ns}
	vmedia	0,049*

AGRE= agressividade, PAPI= perseguição ao apicultor, ATK= ataque à máscara, SAI= saída da caixa, RFU= reação à fumaça, tmedia= temperatura média, cmedia= precipitação média, pmedia= pressão atmosférica média, vmedia= velocidade do vento média.

*Assumiu-se como análises significativas aquelas que apresentam valor de $p < 0,05$.

ns= não significativo

A co-variável tmedia esteve relacionada com AGRE, ATK e SAI. Resultados similares foram obtidos por Medeiros et al. (2013), que constatou que as abelhas ficam

mais agressivas e se enfurecem mais rápido durante as horas mais quentes do dia. Silva & Silva (1984), afirmam ser ao meio dia o horário de maior agressividade das abelhas, o que corrobora com o comportamento das abelhas observadas nesse estudo. Tal relação pode ser associada ao fato das abelhas serem animais ectotérmicos assim, a temperatura ambiente tende a possuir influência direta no nível de atividade metabólica das mesmas (Schmidt-Nielsen, 2010).

Bugalho (2009) observou que as abelhas se encontram em maior número dentro da caixa em dias chuvosos, o que pode explicar porque c_{media} teve reação somente com SAI, pois, normalmente, tendem a surgir menos indivíduos em dias não-chuvosos fora da caixa. Visto que a maioria dos indivíduos se encontra dentro da caixa em dias chuvosos, estas deixariam a mesma, em maior número, somente na presença do apicultor, o que não ocorreria em dias não-chuvosos, pois as mesmas se encontrariam a campo, o que poderia explicar a ausência da relação ($p > 0,05$) entre c_{media} e as outras quatro variáveis.

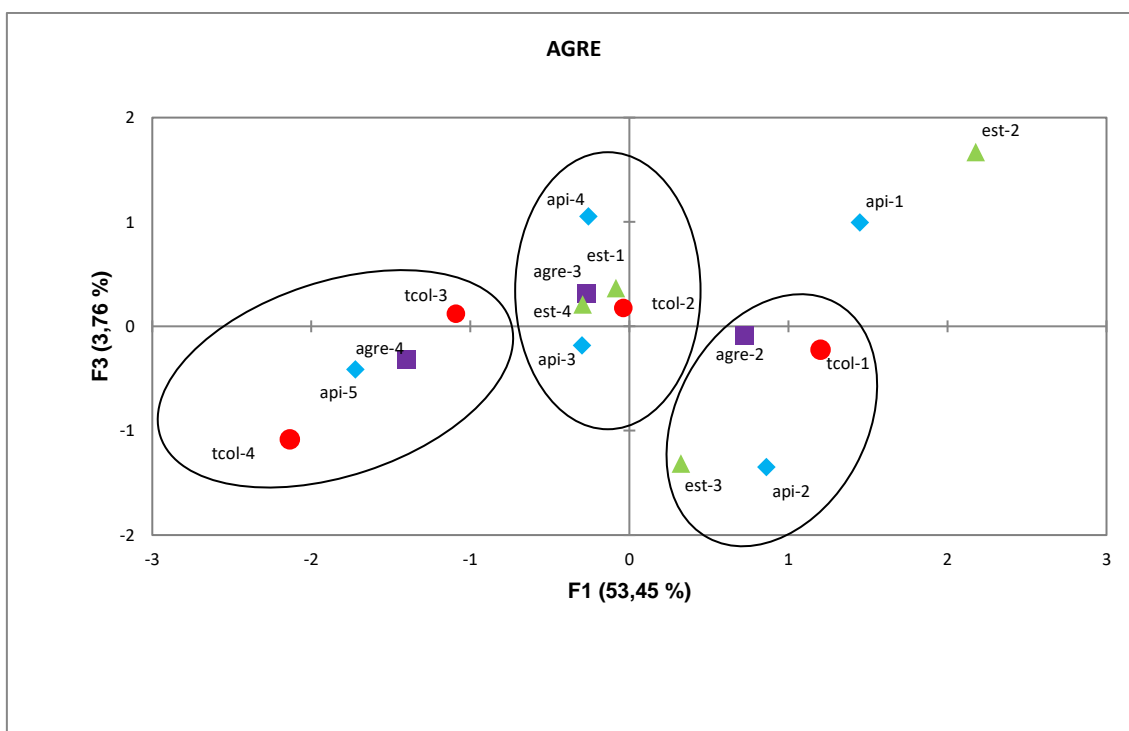
Houve reação entre v_{media} e todas as variáveis exceto PAPI. Ish-Am & Eisikowitch (1998) observaram que as forrageiras de *Apis mellifera* tenderam a voar contra o vento e que esta tendência aumentou com a velocidade do vento, o que pode ser associado ao fato do vento trazer consigo odores de possíveis ameaças também. Já Srinivasan et al. (1996, 1997) observaram que forrageiras de *Apis mellifera* demoram menos tempo para alcançar fontes de xarope quando voam a favor do vento, nesse caso, possivelmente, utilizando o vento para economizarem energia. Desta forma o vento se mostra de grande importância para a defensividade das abelhas, pois dispersa odores e fumaça, o que pode interferir na sua reação a esses estímulos, conforme observado para a maior parte dos parâmetros avaliados nesse trabalho. Uma possibilidade é que ao longo do percurso de perseguição ao apicultor ocorra algum grau de dispersão das abelhas, não se identificando relação significativa entre PAPI e v_{media} .

A pressão atmosférica foi significativa para AGRE, ATK e SAI. Não há explicações na literatura que elucidem a relação da pressão atmosférica com a fisiologia das abelhas diretamente, entretanto, a pressão tem relação direta com a temperatura, ventos e precipitação (Pena, 2018), o que pode explicar essas relações obtidas, já que as abelhas são afetadas diretamente por todos esses eventos climáticos.

4.4 Análise de correspondência múltipla

As Figuras de 6 a 10 apresentam os mapas de relacionamento provenientes das Análises de Correspondência Múltipla, que relacionam as variáveis de defensividade e as demais variáveis categóricas estudadas. Variáveis que se encontram dentro da mesma elipse (a partir do eixo de maior proporção de correspondência) obtiveram correspondência entre si. A estação do ano est2 (outono) não obteve correspondência com nenhum dos parâmetros de defensividade, pois houve poucas coletas de dados durante os meses do outono, o que pode explicar a dispersão da est2 em todas as Figuras.

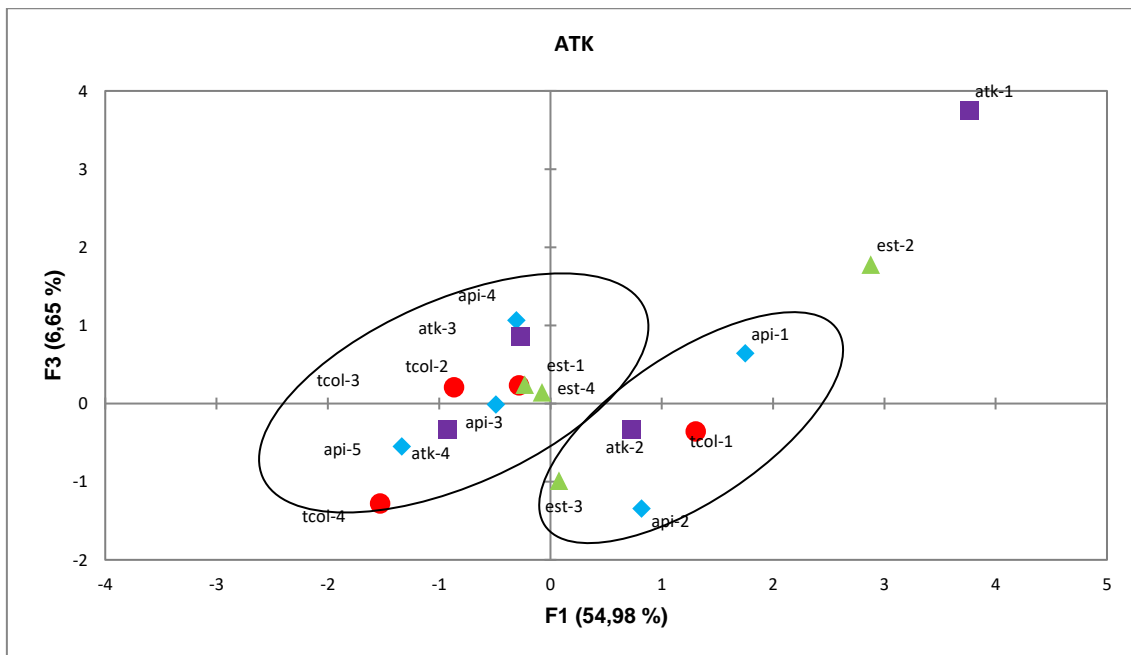
Figura 6. Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade AGRE (agressividade) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)



AGRE = escore de agressividade, tcol1 = tamanho de colônia escore 1, tcol2 = tamanho de colônia escore 2, tcol3 = tamanho de colônia escore 3, tcol4 = tamanho de colônia escore 4 (sendo 1 a menor colônia e 4 a maior colônia), est1 = primavera, est2 = outono, est3 = inverno, est4 = verão, api1 = apicultor 1, api2 = apicultor2, api3 = apicultor3, api4 = apicultor4.

Pode-se observar para AGRE (Figura 6) que o apicultor api1 se dispersou das demais variáveis. O que possivelmente explica tal fato é que o mesmo estava sofrendo manejo de pesquisa concomitantemente a esse estudo e, devido a isso, possuía enxames pequenos, o que pode ter influenciado em sua agressividade. A proximidade entre tcol e agre foi evidenciada, independentemente do escore atribuído. Somente as operárias que se encontram entre 19º ao 21º dia de vida (após a emergência) são as abelhas que atacam os possíveis invasores (Embrapa, 2003). Esse fato possivelmente explica o porquê dessa relação entre o tamanho da colônia e a agressividade, uma vez que colônias mais populosas possuem mais indivíduos nesse período de vida. Entre api e est houve uma interação em menor grau.

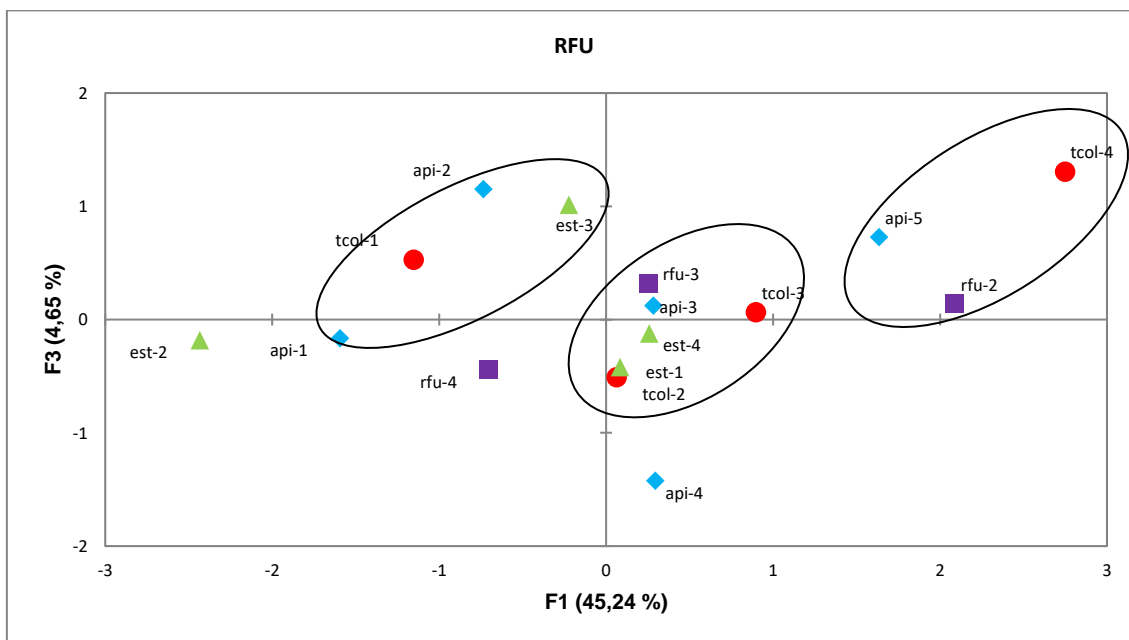
Figura 7. Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade ATK (ataque à máscara) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)



ATK = ataque à máscara, tcol1 = tamanho de colônia escore 1, tcol2 = tamanho de colônia escore 2, tcol3 = tamanho de colônia escore 3, tcol4 = tamanho de colônia escore 4 (sendo 1 a menor colônia e 4 a maior colônia), est1 = primavera, est2 = outono, est3 = inverno, est4 = verão, api1 = apicultor 1, api2 = apicultor 2, api3 = apicultor 3, api4 = apicultor 4.

Como somente uma colônia recebeu escore 1 para ATK, isso provavelmente influenciou na dispersão dessa variável, destoando-se o atk1 das demais variáveis do mapa (Figura 7). Os fatores api e tcol apresentaram uma relação intensa com ATK. Assim como o que possivelmente ocorreu na variável AGRE, a divisão de função das operárias por idade pode ter influenciado ATK, já que as maiores colônias de cada apicultor receberam os maiores escores para ATK.

Figura 8. Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade RFU (reação à fumaça) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)

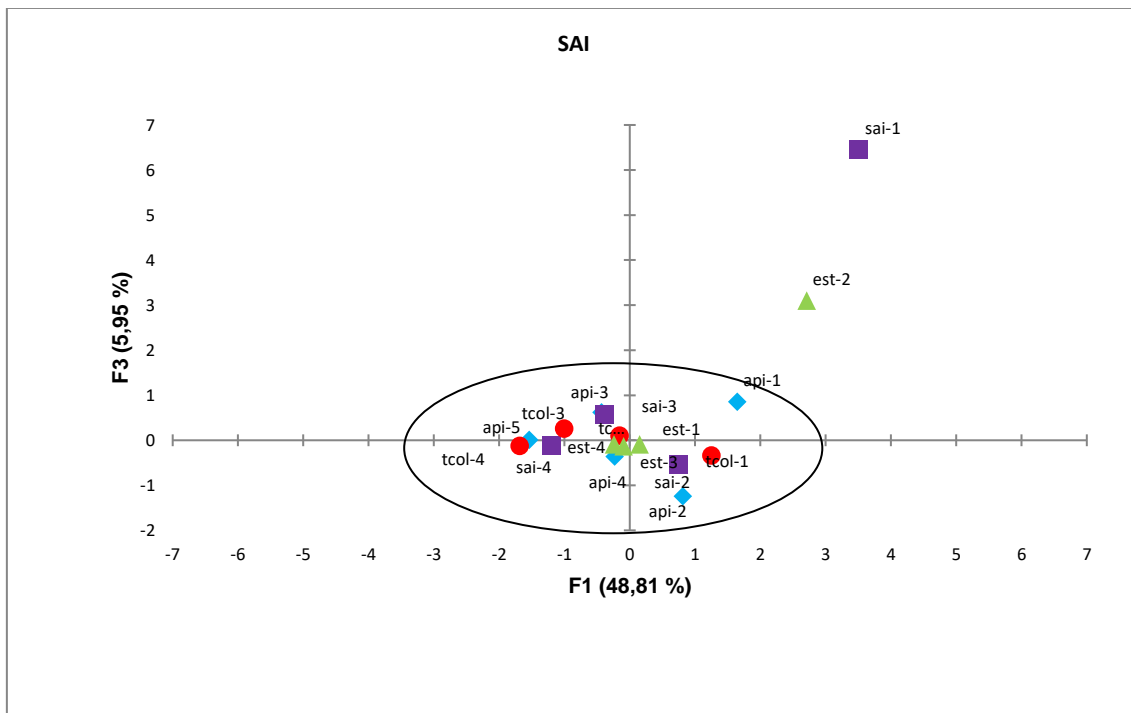


RFU = reação à fumaça, tcol1 = tamanho de colônia escore 1, tcol2 = tamanho de colônia escore 2, tcol3 = tamanho de colônia escore 3, tcol4 = tamanho de colônia escore 4 (sendo 1 a menor colônia e 4 a maior colônia), est1 = primavera, est2 = outono, est3 = inverno, est4 = verão, api1 = apicultor 1, api2 = apicultor 2, api3 = apicultor 3, api4 = apicultor 4.

O api4 não obteve correspondência substancial com as demais variáveis do mapa (Figura 8), possivelmente, porque este foi o apiário em que as abelhas se mostraram menos responsivas à fumaça, por serem colônias maiores. RFU esteve mais relacionado com tcol e api, do que com as demais influências avaliadas. A fumaça tem a função de dificultar a comunicação química entre as abelhas, pois estas se comunicam por

feromônios (Oliveira, 2012), devido a isso colônias maiores tendem a liberar mais feromônios por indivíduo, mantendo uma concentração mais alta e mais difícil de dispersar, do que colônias pequenas, o que pode ter levado aos resultados obtidos para RFU.

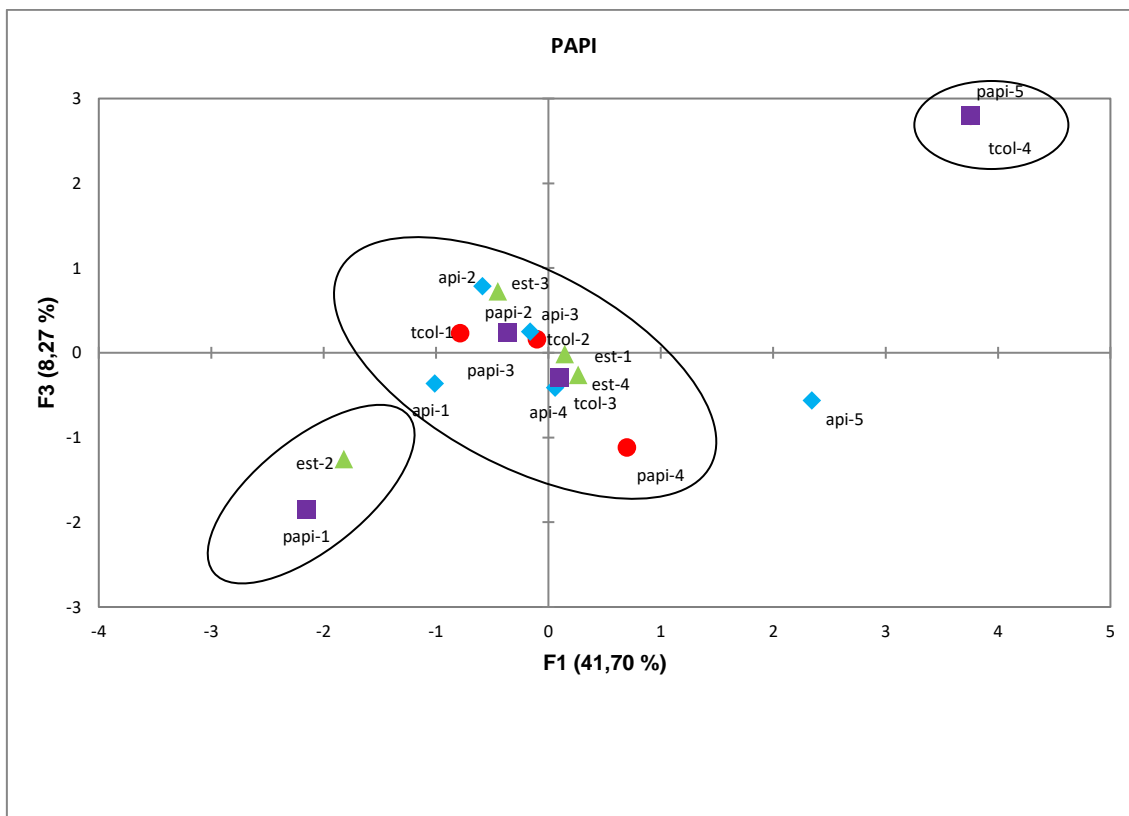
Figura 9. Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade SAI (saída da caixa) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)



SAI = saída da caixa, tcol1 = tamanho de colônia score 1, tcol2 = tamanho de colônia score 2, tcol3 = tamanho de colônia score 3, tcol4 = tamanho de colônia score 4 (sendo 1 a menor colônia e 4 a maior colônia), est1 = primavera, est2 = outono, est3 = inverno, est4 = verão, api1 = apicultor 1, api2 = apicultor 2, api3 = apicultor 3, api4 = apicultor 4.

Somente uma colônia recebeu score 1 para SAI, o que possivelmente explica a dispersão de sai1 no mapa (Figura 9). Para SAI, todas as variáveis estiveram intensamente relacionadas, o que demonstra a importância da inclusão desses fatores no modelo de análise genética desse score.

Figura 10. Mapa de relacionamento entre o parâmetro de defensividade PAPI (perseguição ao apicultor) e as informações de apicultor (api), estação do ano (est) e tamanho da colônia (tcol)



PAPI = perseguição ao apicultor, tcol1 = tamanho de colônia escore 1, tcol2 = tamanho de colônia escore 2, tcol3 = tamanho de colônia escore 3, tcol4 = tamanho de colônia escore 4 (sendo 1 a menor colônia e 4 a maior colônia), est1 = primavera, est2 = outono, est3 = inverno, est4 = verão, api1 = apicultor 1, api2 = apicultor 2, api3 = apicultor 3, api4 = apicultor 4.

Para PAPI todos os parâmetros estiveram relacionados, com ênfase para papi5 e tcol4. Neste caso, ambos foram fortemente relacionados e deslocados das demais associações, o que provavelmente foi causado pelo baixo número de colônias que receberam escore 5 para PAPI e escore 4 para tcol. O apiário api5 ficou disperso dos demais possivelmente porque foi o único em que se observou perseguição muito acima do padrão para a região. Os dados foram coletados, em sua maioria, no período da tarde e, de acordo com Silva (2004), as distâncias de perseguição das abelhas tendem a ser

maiores nos horários mais quentes do dia, o que pode explicar a relação forte entre as variáveis nesse caso.

Percebe-se a importância do estudo das influências de *tcol*, *api* e *est* e todas as variáveis meteorológicas sobre os parâmetros de defensividade em abelhas africanizadas da população avaliada, uma vez observadas relações importantes entre essas influências e tais características de interesse. Tais resultados remetem à relevância desse tipo de estudo para os programas de melhoramento genético animal, tendo em vista que sem sua identificação e consequente inclusão nos modelos de análises genéticas pode haver um comprometimento substancial em quaisquer protocolos de seleção genética (Papachristoforou et al., 2011; Kasperek et al., 2012) que vierem a ser aplicadas na população de abelhas africanizadas avaliadas que incluam a defensividade enquanto objetivo de seleção.

Sugere-se a realização de estudos futuros envolvendo a estimação dos coeficientes de herdabilidade e correlações genéticas dos parâmetros de defensividade avaliados com base no modelo proposto para a predição dos ganhos genéticos e respostas correlacionadas na população. Destaca-se que, caso os parâmetros de defensividade avaliados nesta população venham a ser utilizados como critério de seleção, pode haver a necessidade também da seleção direta para a produção de mel, uma vez esperando-se repostas correlacionadas desfavoráveis entre essas variáveis (Garcia et al., 2013). Adicionalmente, recomenda-se que outras respostas correlacionadas à seleção para defensividade podem ser avaliadas em estudos futuros, assegurando o melhoramento das características de interesse econômico.

5. CONCLUSÃO

A defensividade pode ser avaliada de forma eficiente nas abelhas africanizadas da região avaliada por meio do protocolo experimental proposto, utilizando-se escores para agressividade, distância de perseguição ao apicultor, ataque à máscara, saída da caixa e reação à fumaça, recomenda-se o uso do parâmetro de defensividade que for de mais fácil execução para o produtor, uma vez que todos estão correlacionados.

Sugere-se a inclusão das influências de tamanho da colônia, apicultor, estação do ano e variáveis meteorológicas nos modelos de avaliação genética a serem aplicados aos parâmetros de defensividade, para que seja possível a redução do viés das estimativas de valor genético a serem obtidas e utilizadas para a seleção das rainhas na população estudada.

Os escores de defensividade apresentam variação fenotípica nas colônias avaliadas, sugerindo que os mesmo sejam passíveis de seleção e, com isso, recomenda-se estudos futuros que envolvam as estimativas de herdabilidade e correlações genéticas dos mesmos, conforme o modelo de avaliação genética proposto, visando ao melhor estabelecimento das estratégias de seleção na população.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. 1990. **Heritabilities For Several Colony Traits In The Honeybee (*Apis Mellifera Carnica*)**. *Apidologie* 21: 175–183.

BÜCHLER, R. Et al. (2015). Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens, **Journal of Apicultural Research**, 52:1,1-30

BUGALHO, V.A. **Influência Das Precipitações Pluviométricas E Da Atividade Forrageira Das Abelhas Africanizadas (*Apismellifera L.*) no Comportamento Higiênico**. Dissertação (Mestrado em ciências), Faculdade de Filosofia, ciências e letras de Ribeirão Preto da USP, Ribeirão Preto – SP. 2009.

CARDOSO, J.L.C. Et al. **Animais peçonhentos no Brasil - biologia, clínica e terapêutica dos acidentes**. São Paulo: Sarvier, 2003.

ELER, J. P. **Teorias E Métodos Em Melhoramento Genético Animal**. Pirassununga: FZEA-USP, vol 2, p. 216, 2014.

EMBRAPA. Embrapa meio norte. **Organização Social E Desenvolvimento Das Abelhas *Apis Mellifera***, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br//fonteshtml/mel/spmel/index.htm>. Acesso em: 23 set. 2018.

GARCIA, R. C. Et al. **Honey And Propolis Production, Hygiene And Defense Behaviors Of Two Generations Of Africanized Honey Bees**. *Scientia Agricola* v.70, n.2, p.74-81, March/April 2013.

GIRAY, T., GUZMAN-NOVOA, E., ARON, C. W., ZELINSKY, B., FAHRBACH, S. E. AND ROBINSON, G. E. (2000). Genetic variation in worker temporal polyethism and colony defensiveness in the honey bee, *Apis mellifera*. **Behav. Ecol.** 11, 44-55.

GONÇALVES, L. S. 1974. The Introduction Of The African Bees *Apis Mellifera* Adansoni In To Brasil And Some Comments On Their Spread In South America. **American Bee Journal** 11411: 414-419.

GUZMAN-NOVOA, E., PAGE, R. E. (1994). **Genetic Dominance And Worker Interactions Affect Honeybee Colony Defense**. *Behav. Ecol.* 5, 91-97.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal**. Vol. 44, Rio de Janeiro – RJ, 2016.

ISH-AM, G. & EISIKOWITCH, D. 1998. Mobility Of Honey Bees (*Apidae, Apis Mellifera* L.) During Foraging In Avocado Orchards. **Apidologie** 29:209-219.

KASPEREK, K.; PALEOLOG, J.; OLSZEWSKI, K.; BORSUK, G.; STRACHECKA, A. Comparison Of The Defensive Behaviour Of *Apis Mellifera* L. Workers And The Aggression Of Their Queen Sisters. **Medycyna Weterynaryjna**, v.68, n.10, p.589- 593, 2012.

LANGLEY, R.L. Animal-Related Fatalities In The United Statesan Update. **Wilderness & Environmental Medicine**, v.16, n.2, p.67-74, 2005.

LANGLEY, R.L.; MORROW, W.E. Deaths Resulting From Animal Attacks In The United States. **Wilderness & Environmental Medicine**, v.8, n.1, p.8-16, 1997.

MEDEIROS, F. R. F.; SILVEIRA, D. C.; LEITE, D. T.; SAMPAIO, R. B.; LUCAS, C. I. S.; SANTOS, L. O.; MARACAJÁ, P. B.; Defensividade De Abelhas Africanizadas Associadas A Diferentes Temperaturas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.9, n.4, p.107- 113, 2013.

MENDES, C.G.; SILVA, J.B.A.; MESQUITA, L.X.; MARACAJÁ, P.B. **As Análises De Mel: Revisão**. *Revista Caatinga*, v.22, n.2, p.7-14, 2009.

OLIVEIRA, M.E.C. **Manejo da Agressividade de Abelhas Africanizadas**, v. 53, p. 33, 2012.

PAPACHRISTOFOROU, A.; RORTAIS, A.; SUEUR, J.; ARNOLD, G. **Attack Or Retre At: Contrasted Defensive Tactics Used By Cyprian Honey Bee Colonies Under Attack From Hornets**. Behavioural Processes, v. 86, n.2, p.236-241, 2011.

PENA, F.A. Pressão Atmosférica E O Clima, 2018. Disponível em: <https://alunosonline.uol.com.br/geografia/pressao-atmosferica-clima.html>. Acesso em: 20 Mar. 2018.

SAS INSTITUTE. **Statistical analysis systems user's guide. Version 9.2**. Cary: SAS Institute Inc., 2008.

SCHMIDT-NIELSEN, K. 2010. **Fisiologiaanimal: Adaptação E Meio Ambiente**. 5ª ed.São Paulo: Santos, 611p.

SILVA JR., P. G. P. Et al. **Acidentes Causados Por Abelhas. Cadernos Técnicos De Veterinária E Zootecnia**. Belo Horizonte, n.44, p.113-117, UFMG, 2004.

SILVA, R.M.B; SILVA, E.C.A. **Variação Do Comportamento Agressivo Das Abelhas Africanizadas Em Função Das Horas E Das Revisões**. In: Congresso Brasileiro De Apicultura, 5 Congresso Latino-Ibero-Americano De Apicultura, 3.1980, Viçosa-MG: Anais...Viçosa: Universidade Federal De Viçosa1984.p.109-116.

SOUZA, D. A.; GRAMACHO, K. P.; CASTAGNINO, G. L. B. **Produtividade De Mel E Comportamento Defensivo Como Índices De Melhoramento Genético De Abelhas Africanizadas (*Apis mellifera* L.)**.Revista Brasileira De Saúde E Produção Animal, v.13, n.2, p.550-557, 2012.

SRINIVASAN, M.V., ZHANG, S.W., LEHRER, M. & COLLETT, T.S. **Honey Bee Navigation Route To The Goal: Visual Control And Odometry**. Journal Of Experimental Biology, v. 199, p. 237-244, 1996.

SRINIVASAN, M.V., ZHANG, S.W.; BIDWELL, N.J. **Visually Mediate Do Metry In Honey Bees**. Journal Of Experimental Biology, v. 200, p.2513-2522, 1997.

STORT, A. C. 1975. **Genetic Study Of The Aggressiveness Of Two Subspecies Of *Apis Mellifera* In Brazil**. Number Of Stings In The Leather Ball. *Journal Of The Kansas Entomological Society* 48: 381-387.

TERÇAS, A. C. P. Et al. Aspectos Epidemiológicos Dos Acidentes Por Picada De Abelha Africana. **Journal Health NPEPS**. 2017; 2(Supl. 1):58-72.