

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

A RELAÇÃO ENTRE O COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E
O ÁCARO *Varroa destructor* EM COLÔNIAS DE ABELHAS
PRODUZINDO DE GELEIA REAL E MEL

Autora: Priscila Wielewski

Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo

Co-orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração: Produção Animal

MARINGÁ
Estado do Paraná
junho – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

A RELAÇÃO ENTRE O COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E
O ÁCARO *Varroa destructor* EM COLÔNIAS DE ABELHAS
PRODUZINDO DE GELEIA REAL E MEL

Autora: Priscila Wielewski

Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo

Co-orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de Concentração: Produção Animal

MARINGÁ
Estado do Paraná
junho – 2010

A Deus.

Aos

meus pais, **Luíz Roberto Wielewski e Maria Emilia Wielewski**, exemplos de amor, dedicação, luta e apoio em todos os momentos.

À

minha avó materna, **Irene Milanez**, por todo o apoio, ajuda e presença em todos os momentos.

Ao

meu filho, **Bruno Wielewski Juvenasso**, razão de todos meus esforços.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes, pela bolsa de estudo concedida durante o curso de mestrado.

À Universidade Estadual de Maringá e à Fazenda Experimental de Iguatemi que forneceram estrutura física para que este trabalho fosse realizado.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da UEM, por todos os ensinamentos.

Ao **Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo**, pela orientação e ensinamentos proferidos durante o curso, mas, principalmente, por ter acreditado e ofertado a mim a oportunidade de iniciar o estudo e o trabalho com as abelhas.

Ao **Prof. Dr. Elias Nunes Martins**, pela orientação e por ser um grande incentivador desde o princípio no trabalho de melhoramento com abelhas.

À **Profª. Drª. Maria Cláudia Colla Ruvolo Takasusuki**, pelo apoio a esse trabalho.

À **Fabiana Martins Costa Maia** e **Patrícia Faquinello**, grandes amigas, que me incentivaram por meio de seus exemplos de dedicação e esforço, além de terem ensinado a mim os primeiros ensinamentos no trabalho a campo.

Ao pessoal do grupo de Melhoramento e, em especial **Daniela Andressa Lino** que ofertou auxílio e atenção fundamentais nas análises do trabalho.

Aos **apicultores** que doaram as colônias utilizadas como matrizes desse trabalho.

Ao pessoal do Grupo de **Pesquisa com Abelhas – UEM**, **André Halak**, **Jaqueline Ravaneli**, **Flavia Nakayama Meteorima** e **Pedro Rosa dos Santos**.

Ao meu noivo, **Fabio César Bratti**, por todo amor e paciência nesses anos distantes para realização desse trabalho.

Aos meus irmãos, **Silvângela Wielewski** e **Rodolfo Wielewski**, pelo
companheirismo e ajuda em todos os momentos.

Ao meu tio, **José Orozimbo**, pelo apoio sempre.

BIOGRAFIA

PRISCILA WIELEWSKI, filha de Luiz Roberto Wielewski e Maria Emília Milanez Campos Wielewski, nasceu em Bela Vista do Paraíso, Estado do Paraná, no dia 14 de novembro de 1984.

Em agosto de 2007, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2008, iniciou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos em Apicultura.

No dia 22 de junho do ano de 2010, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
I - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
II - OBJETIVO GERAL.....	9
III - LITERATURA CITADA.....	10
IV - COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E RESPOSTA À INFESTAÇÃO POR <i>Varroa destructor</i> EM COLÔNIAS DE ABELHAS SOB PRODUÇÃO DE GELEIA REAL E MEL	
Resumo.....	14
Abstract.....	15
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	17
Resultados e Discussão.....	26
Conclusão.....	40
Literatura Citada.....	42

LISTA DE TABELAS

COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E RESPOSTA À INFESTAÇÃO POR *Varroa destructor* EM COLÔNIAS DE ABELHAS SOB PRODUÇÃO DE GELEIA REAL E MEL

	Página
Tabela 1 - Estimativas dos componentes de (co)variância genética com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 95%, em análise bicarácter para comportamento higiênico em 24h (CH_{24}), para infestação, invasão e taxas de reprodução do ácaro <i>Varroa destructor</i> em abelhas africanizadas.....	29
Tabela 2 - Estimativas de herdabilidade (h^2), correlações genéticas (rg) e correlações fenotípicas (ry) e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 95%, em análise bicarácter, para comportamento higiênico em 24h (CH_{24}), para infestação, invasão e taxas de reprodução do ácaro <i>Varroa destructor</i> em abelhas africanizadas.....	32
Tabela 3 - Estimativas de correlações genéticas (rg) e correlações fenotípicas (ry) e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 95%, em análise bicarácter, para comportamento higiênico em 24h (CH_{24}), para infestação, invasão e taxas de reprodução do ácaro <i>Varroa destructor</i> em abelhas africanizadas.....	33

LISTA DE FIGURAS

COMPORTAMENTO HIGIÊNICO E RESPOSTA À INFESTAÇÃO POR *Varroa destructor* EM COLÔNIAS DE ABELHAS SOB PRODUÇÃO DE GELEIA REAL E MEL

	Página
Figura 01- Representação do grau de parentesco considerado entre as colônias produtoras de mel (C1) e produtoras de geleia real (C2).....	23
Figura 02- Correlações fenotípicas e genéticas do comportamento higiênico com a taxa de infestação do ácaro <i>Varroa destructor</i>	35
Figura 03- Correlações fenotípicas e genéticas do comportamento higiênico com a taxa de invasão do ácaro <i>Varroa destructor</i>	35
Figura 04- Correlações fenotípicas e genéticas do comportamento higiênico com a taxa de reprodução efetiva do ácaro <i>Varroa destructor</i>	35
Figura 05- Correlações fenotípica e genética da taxa de infestação com a taxa de invasão do ácaro <i>Varroa destructor</i>	36
Figura 06- Correlações fenotípica e genética da taxa de invasão com a taxa de reprodução efetiva do ácaro <i>Varroa destructor</i>	36
Figura 07- Correlações fenotípicas e genéticas do comportamento higiênico com a taxa de reprodução total do ácaro <i>Varroa destructor</i>	37
Figura 08- Correlações fenotípicas e genéticas da taxa de infestação com a taxa de reprodução total do ácaro <i>Varroa destructor</i>	37
Figura 09- Correlações fenotípicas e genéticas da taxa de infestação com a taxa de reprodução efetiva do ácaro <i>Varroa destructor</i>	38
Figura 10- Correlações fenotípicas e genéticas da taxa de invasão com a taxa de reprodução total do ácaro <i>Varroa destructor</i>	38
Figura 11- Correlações fenotípicas e genéticas da taxa de reprodução total com a taxa de reprodução efetiva do ácaro <i>Varroa destructor</i>	38

1 INTRODUÇÃO

As abelhas africanizadas, hoje existentes em todo o Continente Americano, são poli-híbridos resultantes dos intercruzamentos entre as abelhas africanas *Apis mellifera scutellata*, introduzidas pelo pesquisador Dr. Kerr, no Brasil, em 1956, e as várias subespécies europeias que haviam sido introduzidas anteriormente à chegada das africanas no continente (*A. mellifera ligustica*, *A. mellifera mellifera*, *A. mellifera carnica* e *A. mellifera caucasica*) com predominância de características das abelhas africanas.

As abelhas africanas encontraram condições ambientais semelhantes as do seu local de origem, em um período de pouco mais de 50 anos à introdução disseminando-se por toda a América do Sul, Central e Norte (Winston, 1992; Gramacho & Gonçalves, 2002; Kaplan, 2007).

No Brasil, a abelha africanizada apresentou desempenho superior às abelhas europeias presentes no continente. Além da alta capacidade de produção, essas abelhas apresentaram importantes características como rápida adaptação, desenvolvimento, rusticidade, resistência a doenças, prolificidade, polinizadores eficientes e maior capacidade de identificação de fonte de alimento (Benson, 1985; Nogueira-Couto, 1994; Martinez et al., 2006; Gonçalves, [2006]). Considerado excelente material para ser trabalhado visando à seleção e ao melhoramento de características como mel, própolis, pólen, geleia real, entre outras (Kerr & Vencovsky, 1982).

A apicultura nacional passou por mudanças, sendo necessárias pesquisas sobre a biologia, comportamento, técnicas de manejos adequadas, e com o uso do melhoramento, o apicultor foi se adaptando a essa nova abelha (Gonçalves, 1992; De Jong, 1996; Soares et al., 1996). Após essas mudanças, a apicultura está em ampla expansão, tendo se destacado como a atividade do agronegócio de maior desenvolvimento, permitindo que o Brasil seja conhecido como produtor e exportador dos produtos apícolas (Martinez et al., 2006).

Segundo Resende (2008), o ano de 2007 foi de grandes desafios para o setor apícola brasileiro, o quinto entre os maiores exportadores, pois desde março de 2006, o setor enfrenta as graves consequências do embargo ao mel brasileiro por seu maior importador, a União Europeia. Em 2007, as exportações brasileiras de mel totalizaram 21,2 milhões de dólares, referentes a 12,9 mil toneladas, com preço médio de US\$ 1,64/kg, superior aos US\$ 1,60/kg e aos US\$ 1,30/kg pagos em 2006 e 2005, respectivamente. No entanto, quando comparado a 2006, o valor exportado em 2007 apresentou queda de 9,3%.

A pesquisa sempre desempenhou papel fundamental nessa evolução. O processo da africanização motivou relevantes transformações, entre elas, o melhoramento genético, inseminação instrumental, produção de rainhas e determinação de linhagens higiênicas (Soares, 2008).

O comportamento higiênico em *Apis mellifera* L. consiste na desoperculação e remoção de cria morta, doente ou danificada (Rothenbühler, 1964). É fundamental que as colônias apresentem o comportamento higiênico para que as crias mortas encontradas no interior das células sejam removidas pelas operárias, porque assim é eliminado o foco de contaminação (Gonçalves, 2000).

É de interesse do apicultor que todas as suas colônias estejam com rainhas jovens e com características desejadas para que possam transmitir à sua prole, a longevidade, a capacidade de postura, a cria homogênea e a resistência a doenças (Winston, 1992).

Em colônias consideradas higiênicas, as abelhas são capazes de detectar e remover as crias com problemas. Portanto, existe a grande possibilidade de a doença ser reduzida ou até eliminada. No caso da cria pútrida europeia, da cria ensacada e mesmo no caso da varroatose, o comportamento higiênico irá contribuir muito para a redução desses problemas (Message, 2006). Alguns programas de melhoramento genético trabalham com seleção para o aumento da frequência desse comportamento em abelhas (Palacio et al., 2000).

Segundo Rinderer (1977), a estimativa da variância genética aditiva prediz o sucesso primário para iniciar um programa de seleção.

Os critérios a serem utilizados para a seleção devem ser bem escolhidos para que as abelhas selecionadas não percam as características adaptativas, tais como a sua relativa resistência a doenças (Mouro & Toledo, 2005). O melhoramento genético aliado às técnicas adequadas e manejo promove avanços na produção (Soares et al., 1996).

Nos últimos anos, tem sido observado interesse crescente por programas de melhoramento genético. O progresso se deve ao uso cada vez mais correto das informações relativas aos indivíduos candidatos à seleção, resultantes do impulso crescente nos conhecimentos metodológicos de avaliações genéticas e avanços na área de informática.

O principal objetivo no melhoramento genético é a obtenção de linhagens que apresentem características desejáveis por meio de seleção (Gramacho, 2008).

A aplicação da seleção em duas características simultaneamente pode eventualmente resultar em correlações negativas (Willhan, 1963).

Em abelhas, pelo hábito de acasalamento múltiplo da rainha e a existência de machos haploides, em uma colônia o parentesco pode variar entre 0,25 e 0,75 (Crow & Roberts, 1950; Laidlaw & Page, 1984).

Rothenbühler (1964) realizou o primeiro estudo genético para o comportamento higiênico e concluiu que dois *loci* de genes recessivos regulam essa característica. Estudos subsequentes sugeriram que a remoção de cria morta possa ser controlada por mais do que dois *loci*, talvez três (Moritz, 1988). Posteriormente, Gramacho et al. (1999) sugeriu que três *loci* de genes recessivos controlam o comportamento higiênico. Mais recentemente, Lapidge et al. (2002) encontraram sete *loci* que podem estar envolvidos no controle desse comportamento.

Spivak & Gilliam (1993) afirmaram que esse comportamento é determinado geneticamente, mas nem sempre expresso, pois parece depender de fatores populacionais, do vigor da colônia e de fatores ainda desconhecidos. No entanto, Rothenbühler (1964) e Lapidge et al. (2002) declararam que o comportamento higiênico é uma característica herdável.

A correlação entre características é de grande importância para o melhoramento genético, especialmente se a seleção de uma delas é difícil pela baixa herdabilidade e/ou porque apresenta problemas de mensuração e identificação (Cruz & Regazzy, 1997).

Milne (1985) estimou herdabilidade e correlação genética entre dois componentes do comportamento higiênico em *Apis mellifera* L., desoperculação e remoção, e concluiu que a seleção é possível, no entanto, difícil, em função dos baixos valores encontrados para herdabilidade.

A herdabilidade é a proporção da variância total atribuída ao efeito genético, em média pelo efeito de todos os genes que afetam uma característica (Rinderer, 1986), e é importante na predição da resposta biológica de uma característica nos programas de melhoramento (Brandeburgo et al., 1989).

Falconer (1987) destacou a importância da herdabilidade, uma vez que serve para estimar a quantidade de variância genética aditiva associada a uma característica expressa por indivíduos em uma população específica (Rinderer, 1977), e é importante na predição da resposta biológica de uma característica nos programas de melhoramento (Brandeburgo et al., 1989).

O ácaro *Varroa destructor*, determinador da praga varroatose em abelhas *Apis cerana e Apis mellifera* foi introduzido na apicultura brasileira no início da década de 70 com nome de *Varroa jacobsoni*. Segundo Morse & Gonçalves (1979), a Varroa foi introduzida no Brasil, via Paraguai, isto é, apicultores brasileiros da região de Rio Claro, Estado de São Paulo, importaram rainhas de apicultores do Paraguai que já possuíam colônias de abelhas infestadas com o ácaro, que teria sido importado do Japão pela compra de rainhas daquele país.

Sua classificação pertence à Ordem Parasitiformes, Subordem Mesostigmata, Família Varroidae e Espécie *Varroa jacobsoni* (Flechtmann, 1975; Krantz, 1978). Porém, essa classificação passou por uma modificação determinando a espécie como *Varroa destructor* (Anderson & Trueman, 2000).

Os efeitos determinados por esse ácaro compreendem desde o enfraquecimento até a morte das colônias de abelhas, dependendo do grau de infestação alcançado pelo ácaro (Moretto et al., 1991).

No Brasil, a dinâmica de populações do ácaro Varroa mostrou ser muito diferente das outras regiões afetadas pela varroatose. No início, foram registrados

índices superiores a 20%, o que causou preocupações aos pesquisadores e apicultor. (Moretto et al., 1991). Entretanto, à medida que o ácaro se dispersava pelas diversas regiões do Brasil, verificou-se que os índices de infestação aumentavam no início e diminuían alguns anos após a infestação inicial.

Parece ter se estabelecido o equilíbrio entre o ácaro *Varroa destructor* e as abelhas africanizadas nas condições climáticas do Brasil. Os últimos anos de levantamentos realizados em algumas regiões do país mostraram que o grau de infestação determinado pela varroatose está em torno de 2%, o que é considerado uma infestação muito baixa (Moretto et al., 1995).

O ácaro *Varroa destructor* tem condições de se reproduzir durante as quatro estações do ano, realizando parte do seu ciclo de vida nas células de crias de operárias e zangões. A fêmea desse ácaro entra na célula de cria antes da operculação, vai até o fundo da célula posicionando-se de forma que possa se alimentar da hemolinfa da cria quando essa passar para a fase de pupa. Normalmente, entra um ácaro-fêmea/célula, mas já foram encontrados até 12 fêmeas em crias de operárias (Correa-Marques et al., 2003).

A varroatose pode variar de gravidade de acordo com vários fatores: a subespécie das abelhas, as condições climáticas, fluxo de alimento, período de desenvolvimento da cria, capacidade em detectar o ácaro e removê-lo (Correa-Marques et al., 2003).

Os danos que os ácaros causam dependem do nível de infestação da colônia. Entre os principais sintomas está a redução no peso e na longevidade das operárias e zangões, comprometendo a população do enxame (De Jong & Gonçalves, 1998; Duay et al., 2003). Existem, ainda, casos em que a infestação acarreta má-formação em diversos órgãos como asas, pernas, abdome e tórax (De Jong et al., 1982) e redução da

viabilidade de cria (Akkratanakul & Burgett, 1975). Segundo Ball & Allen (1988), o ácaro pode servir como vetor ao transmitir bactérias e vírus pela sucção da hemolinfa e ocasionar várias doenças.

Para minimizar os efeitos da infestação da Varroa em abelhas *Apis mellifera*, vários acaricidas foram desenvolvidos. Entretanto, os produtos químicos não têm obtido sucesso em erradicar a praga. Ao contrário, há relatos de desenvolvimento de resistência a certos acaricidas usados contra a Varroa (Thompson et al., 2002), além da possibilidade desses produtos contaminarem o mel e a cera (Boot et al., 1995).

O apicultor não deve utilizar produtos sintéticos para o controle de quaisquer doenças, sob o risco de contaminar o mel e a cera, ocasionando resistência aos patógenos. Segundo Castagnino (2008), algumas formas de se atenuar a dispersão de doenças apícolas são a revisão periódica nas áreas de cria, o reconhecimento de sintomas das doenças e a seleção genética de colônias mais resistentes às enfermidades.

Outro fator preocupante são os riscos de doenças causados pela Varroa, pois esse ácaro pode atuar como vetor de agentes patógenos, aumentando a incidência de enfermidades e doenças, como a cria pútrida americana e a cria giz, podendo ser dispersas para outras regiões onde essas doenças não estão presentes (Allen & Ball, 1996).

No Brasil ocorreu nenhum tratamento em larga escala, contra o ácaro *Varroa destructor*, pois foi verificado que as abelhas africanizadas se tornaram resistentes ou tolerantes à varroatose, não sendo esta praga um problema sério para o apicultor brasileiro. Com isso, como não se usou acaricidas em larga escala no país (talvez casos isolados por parte de alguns apicultores), não houve, conseqüentemente, nem resistência do ácaro a estes produtos, nem contaminação dos produtos das abelhas (Gonçalves, 2000).

No melhoramento genético em abelhas, o principal objetivo é a obtenção, por meio de seleção, de linhagens que apresentem características desejáveis escolhidas pelos apicultores. As características de maior interesse para os apicultores são: aumento da produtividade de mel, própolis, geleia real, pólen ou cera, aumento da resistência a doenças, redução da atividade enxameatória, boa atividade de postura das rainhas e abelhas menos defensivas. Todavia, considera-se como mais importante a resistência a doenças e defesa contra parasitas (Gramacho, 2004).

Pela importância das características relacionadas à higiene para a produção apícola, o objetivo deste trabalho é estimar parâmetros fenotípicos e genéticos para o comportamento higiênico, taxas de invasão e de infestação do ácaro *Varroa destructor* em colônias minirrecrias de abelhas africanizadas produtoras de geleia real e colônias matrizes produtoras de mel, visando à possível inclusão destas características em programas de melhoramento genético conduzidos no Brasil.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos e fenotípicos relacionando o comportamento higiênico com a dinâmica populacional do ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas produtoras de geleia real e mel.

LITERATURA CITADA

- AKRATANAKUL, P.; BURGETT, M. *Varroa jacobsoni*: a prospective pest of honeybee in many parts of the world. **Bee World**, v.56, n.3, p.119-121, 1975.
- ALLEN, M.F.; BALL, B.V. The incidence and world distribution of honey bee viruses. **Bee World**, v.77, p.141-162, 1996.
- ANDERSON, D.L.; TRUEMAN, J.W.H. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. **Experimental and Applied Acarology**, v.24, p.165-189, 2000.
- BALL, B.V.; ALLEN, M.F. The prevalence of pathogen in honeybee (*Apis mellifera*) colonies infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni*. **Annals of Applied Biology**, v.113, n.2, p.237-244, 1988.
- BENSON, K. Africanized honey bees: their tactics of conquest. **American Bee Journal**, v.125, n.6, p.435-437, 1985.
- BOOT, W.J.; BAALLEN, M.V.; SABELIS, M.W. Why do Varroa mites invade worker brood cells of the honey bee despite lower reproductive success? **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.36, n.4, p.283-289, 1995.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LOBO, R.B. Heritability estimates of biological and behavioral traits of *Apis mellifera* bee colonies. **Ciência e Cultura**, v.41, n.5, p.496-499, 1989.
- CASTAGNINO, G.L.B. **Produtos naturais no controle do ácaro *Varroa destructor* em abelhas *Apis mellifera* L. (Africanizadas)**. 2008. 63f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Botucatu.
- CORREA-MARQUES, M.H.; MEDINA, L.M.; MARTIN, S.J. et al. Comparing data on the reproduction of *Varroa destructor*. **Genetics and Molecular Research**, v.2, p.1-6, 2003.
- CROW, J.F.; ROBERTS, W.C. Inbreeding and homozygosity in bees. **Genetics**, v.35, p.612-621, 1950.
- CRUZ, C.D.; REGAZZY, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 392p.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v.77, p.67-70, 1996.
- DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S. The Africanized bees of Brazil have become tolerant to varroa. **Apiacta**, v.33, n.3, p.65-70, 1998.

- DE JONG, D.; MORSE, R.A.; EICKWORT, G.C. Mite pests of honey bees. **Annual Review of Entomology**, v.27, p.229-252, 1982.
- DUAY, P.; DE JONG, D.; ENGELS, W. Weight loss in drone pupae (*Apis mellifera*) multiply infested by *Varroa destructor* mites. **Apidologie**, v.34, n.1, p.61-65, 2003.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.
- FLETHMANN, C.H.W. **Elementos de acarologia**: São Paulo: Nobel, 1975. 344p.
- GONÇALVES, L.S. Africanização das abelhas nas Américas, impactos e perspectivas de aproveitamento do material genético. **Naturalia**, v.1, p.126-134, 1992.
- GONÇALVES, L.S. O estudo atual da apicultura brasileira e suas perspectivas face ao desenvolvimento da apicultura mundial. **Genetic and Molecular Biology**, v.23, n.1, p.417-424, 2000.
- GONÇALVES, L.S. 50 anos de abelhas africanizadas no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16., 2006. Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, [2006]. (CD-ROM).
- GRAMACHO, K.P. Sensorial perception of hygienic honey bee. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2004, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: FUNPEC, 2004. p.6-10, 2004.
- GRAMACHO, K.P. Uso do comportamento higiênico nos programas de melhoramento de abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 17., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBA, [2008]. (CD-ROM).
- GRAMACHO, K.; GONÇALVES, L.S. Melhoramento genético de abelhas com base no comportamento higiênico. In: CONGRESSO NACIONAL DE APICULTURA, 14., 2002, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: CBA, 2002. p.188-190.
- GRAMACHO, K.; GONÇALVES, L.S.; ROSENKRANZ P. Influence of body fluid from pin-killed honey bee pupae on hygienic behavior. **Apidologie**, v.30, p.367-374, 1999.
- JIANKE, L.; LAN, Z.; BOXIONG, Z. et al. How royal jelly maintains its quality within the colony? **American Bee Journal**, v.145, n.9, p.736-738, 2005.
- KAPLAN, J.K. Africanized honey bees in the news again. **Agricultural Research**, v.54, p.4-7, 2007.
- KERR, W.E.; VENCOVSKY, R. Melhoramento genético em abelhas – I. Efeito do número de colônias sobre o melhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, v.2, p.219-285, 1982.

- KRANTZ, G.W. **A manual of acarology**. 2.ed. Corvillis: Oregon State Univ., 1978. 509p.
- LAIDLAW, H.H.; PAGE, R.E. Polyandry in honey bees (*Apis mellifera*): Sperm utilization and intracolony genetic relationship. **Genetics**, v.108, p.985-997, 1984.
- LAPIDGE, K.L.; OLDROYD, B.P.; SPIVAK, M. Seven suggestive quantitative loci influence hygienic behavior of honey bees. **Naturwissenschaften**, v.89, p.565-568, 2002.
- MARTINEZ, O.A.; ZULLO, A.J.; MORENO, U. et al. **Produção de geleia real com abelhas africanizadas**: uma alternativa para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 21., 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, [2006]. (CD-ROM).
- MESSAGE, D. Devemos utilizar produtos quimioterápicos para controlar doenças e parasitoses das abelhas africanizadas? In: NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura**: manejo e produtos. Jaboticabal: Funep, 2006. p.147-156.
- MILNE JR., C.P. Estimates of heritabilities and genetic correlation between two components of honey bee (Hymenoptera: Apidae) hygienic behavior: uncapping and removing. **Annals of the Entomological Society of America**, v.78, n.5, p.565-587, 1985.
- MORITZ, R.F.A. A re-evaluation of the two locus model for hygienic behaviour in honeybees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Heredity**, v.79, p.257-262, 1988.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud. infestation in Brasil. **Apidologie**, v.22, p.197-203, 1991.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. Reduction of varroa infestation in State of Catarina, in Southern Brazil. **American Bee Journal**, v.135, p. 198-500, 1995.
- MORSE, R.A.; GONÇALVES, L.S. Varroa disease, a threat to world beekeeping. **Gleanings in Bee Culture**, v.107, n.4, p.179-181, 1979.
- MOURO, G.F.; TOLEDO V.A.A. Produção de geleia real em abelhas *Apis mellifera* (africanizadas e cárnicas). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. Polinização com abelhas africanizadas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1., 1994. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 1994. p. 101-117.
- PALACIO, M.A.; FIGINI, E.; RUFFINENGO, S. et al. Changes in a population of *Apis mellifera* L. selected for hygienic behaviour and its relation to brood disease tolerance. **Apidologie**, n.31, p.471-478, 2000.

- PALACIO, M.A.; FLORES, J.M.; FIGINI, E. et al. Evaluation of the time of uncapping and removing dead brood from cells by hygienic and non-hygienic honey bees. **Genetics and Molecular Research**, v.4, n.1, p.105-114, 2005.
- RESENDE, R.B.A. Contribuição da Rede Apis na implantação da apicultura da apicultura sustentável. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 17., 2008, Belo horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBA, [2008]. (CD-ROM).
- RINDERER, T.E. A new approach to honey bee breeding at the Baton Rouge USDA, Laboratory. **American Bee Journal**, v. 117, p.146-147, 1977.
- RINDERER, T.E. Selection. In: RINDERR, T. (Ed.) **Bee genetics and breeding**. Orlando: Academic Press, 1986. p.305-322.
- RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. 2.ed. Mytholmroyd: Northern Bee Books, 2008. 426p.
- ROTHENBÜHLER, W.C. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoologist**, v.4, p.111-123, 1964.
- SOARES, A.E.E. Avanços no melhoramento genético e na inseminação instrumental em *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p.59-61.
- SOARES, A.E.E. Avanços científicos e o desenvolvimento da apicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 17., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBA, [2008]. (CD-ROM).
- SOARES, A.E.E.; FLORES, J.M.; FIGINI, E. et al. Avanços no melhoramento genético e na inseminação instrumental em *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: CBA, 1996. p.59-61.
- SPIVAK, M.; GILLIAM, M. Facultative expression of hygienic behaviour of honey bees in relation to disease resistance. **Journal of Apicultural Research**, v.32, p.147-157, 1993.
- THOMPSON, H.M.; BROWN, M.A.; BALL, R.F. et al. First report of *Varroa destructor* resistance to pyrethroids in the UK. **Apidologie**, v.33, n.4, p.357-366, 2002.
- WILLHAM, R.L. The covariance between relatives for characters composed contributed by related individuals. **Biometrics**, v.19, p.18-27, 1963.
- WINSTON, M.L. The biology and management of Africanized honey bees. **Annual Review of Entomology**, v.37, p.173-193, 1992.

Relação entre o Comportamento higiênico e o ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas produzindo mel ou geleia real

RESUMO - Foram analisados os parâmetros genéticos e fenotípicos para o comportamento higiênico e as taxas de invasão, infestação e reprodução do ácaro *Varroa destructor* em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas. Foram avaliados o comportamento higiênico, as taxas de invasão e a infestação, a reprodução total e a efetiva do ácaro *Varroa destructor* em colônias produtoras de mel (20) ou geleia real (30). Foi verificada a significância dos efeitos fixos de mês, tipo de produto e suas interações, utilizando o procedimento de modelos lineares generalizados. Para a estimação das (co)variâncias foi utilizado o software WinBUGS por meio de inferência Bayesiana. As médias para colônias produtoras de mel ou geleia real, respectivamente, foram: para o comportamento higiênico em 24h 74,38 e 71,40%; taxas de infestação 8,30 e 11,40%; taxas de invasão 9,50 e 7,5%; taxas de reprodução total 1,02 e 0,55 e reprodução efetiva 0,62 e 0,33. As herdabilidades médias para comportamento higiênico, taxa de infestação, taxa de invasão, taxa de reprodução total e efetiva do ácaro foram 0,58, 0,54, 0,56, 0,63 e 0,61, respectivamente. A correlação genética encontrada de -0,48 para as características comportamento higiênico com taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor* mostra que o comportamento higiênico pode ser considerada a característica mais interessante para seleção, pois além de apresentar herdabilidade de alta magnitude, quando associada à taxa de reprodução total do ácaro apresenta uma correlação alta e antagônica, sendo assim, em casos de alta infestação do ácaro *Varroa destructor*, selecionando-se para comportamento higiênico estaria diminuindo a taxa de reprodução do ácaro.

Palavras-chave: melhoramento de abelhas, herdabilidade, correlação genética, correlação fenotípica, inferência bayesiana

Relationship between hygienic behavior and the *Varroa destructor* in honeybee colonies producing honey or royal jelly

ABSTRACT - Genetic and phenotypic parameters for hygienic behavior, invasion and infestation rates of *Varroa destructor* in Africanized honeybee colonies were analyzed. The hygienic behavior, invasion and infestation rates, total reproduction and effective reproduction of *Varroa destructor* in colonies producing honey (20 hives) or royal jelly (30 hives) were evaluated. It was verified the fixed effects significance of month, type of product (honey and royal jelly), and its interactions, using the procedure of generalized linear models. To estimate the covariances, it was made a routine using the software Winbugs (Bayesian inference Using Gibbs Sampling) with Bayesian inference. The averages for colonies producing honey or royal jelly, respectively, were: hygienic behavior in 24 hours 74.38 and 71.40%; infestation rates 8.30 and 11.40%; invasion rates 9.50 and 7.50%; total reproduction 102.40 and 54.60% and effective reproduction 62.00 and 33.00%. The additive genetic variances for invasion rate (0.16), total reproduction (0.25) and effective reproduction (0.94) of the mite were highest than estimates for hygienic behavior in 24 hours (0.05) and infestation rate (0.04). The mean heritability for hygienic behavior, infestation and invasion rates, total reproduction and effective reproduction of the mite were 0.58, 0.54, 0.56, 0.63 and 0.61, respectively. The genetic correlation of -0.48 found for hygienic behavior characteristics with total reproductive rate of the *Varroa destructor* shows that the hygienic behavior may be considered the most interesting feature for selection, as well as presenting the heritability of high magnitude, when combined with total reproduction rate of the destructor has a high correlation and antagonistic, so in cases of high infestation of the *Varroa destructor*, selecting for hygienic behavior would decrease the rate of reproduction rate of the destructor.

Key-words: bee breeding, heritability, genetic correlation, phenotypic correlation, Bayesian inference

Introdução

As abelhas *Apis mellifera* africanizadas destacam-se pelo sucesso de adaptação e produção de mel em nosso território. Existe grande variabilidade em relação às características economicamente importantes entre rainhas de uma mesma área (Gramacho & Gonçalves, 2002), portanto essas abelhas são exemplares interessantes para um programa de melhoramento genético.

Segundo Bienefeld et al. (2007), as peculiaridades das abelhas fazem o melhoramento genético dessa espécie ser particularmente difícil, pois nessa espécie existe grande influência ambiental, além das diferenças genéticas nos níveis de acasalamento.

Mesmo assim, vários países estão conduzindo programas de melhoramento genético nesta espécie e já obtiveram progresso. Os melhores programas de seleção de abelhas para produção nos Estados Unidos incluem obrigatoriamente a seleção de abelhas higiênicas.

O comportamento higiênico é considerado eficiente mecanismo de resistência a doenças de crias desde a década de 40, quando muitas pesquisas foram realizadas nesse sentido (Message, 2006). Este comportamento inclui a capacidade da colônia em inibir a infestação por ácaros do gênero *Varroa*.

O ácaro *Varroa destructor*, causador da varroatose em *Apis cerana* e *Apis mellifera*, foi introduzido na apicultura brasileira no início da década de 70 com nome de *Varroa jacobsoni*. Segundo Morse & Gonçalves (1979), a *Varroa* foi introduzida no Brasil, via Paraguai, isto é, apicultores brasileiros, importaram rainhas de apicultores do Paraguai que já possuíam colônias de abelhas infestadas com o ácaro, que teria sido importado do Japão pela compra de rainhas daquele país.

No Brasil, a dinâmica de populações do ácaro *Varroa* mostrou ser muito diferente das outras regiões afetadas pela varroatose. No início, foram registrados

índices superiores a 20%, o que causaram preocupações aos pesquisadores e apicultores. (Moretto et al., 1991). Entretanto, à medida que o ácaro se dispersava pelas diversas regiões do Brasil, verificou-se que os índices de infestação aumentavam no início e diminuíaam alguns anos após a infestação inicial.

Segundo Moretto et al. (2008), parece ter se estabelecido o equilíbrio entre o ácaro *Varroa destructor* e as abelhas africanizadas nas condições climáticas do Brasil. Na década de 90, os levantamentos realizados em algumas regiões do país mostraram que o grau de infestação determinado pela varroatose está em torno de 2%, o que é considerado uma infestação muito baixa (Moretto et al., 1993).

Pela importância das características relacionadas à higiene para a produção apícola, o objetivo deste trabalho é estimar parâmetros fenotípicos e genéticos relacionando o comportamento higiênico com a dinâmica de população do ácaro *Varroa destructor* em colônias minirrecrias de abelhas africanizadas produtoras de geleia real e colônias matrizes produtoras de mel, visando a possível inclusão destas características em programas de melhoramento genético conduzidos no Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Apiário Central da Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI-UEM), no período de fevereiro de 2009 a novembro de 2009. Foram utilizadas 50 colônias de *Apis mellifera* africanizadas, sendo 30 em minirrecrias (Santos & Message, 1980), produzindo geleia real e 20 em colmeias ninhos, tipo Langstroth com melgueiras, produzindo mel, localizadas no apiário de reflorestamento da FEI-UEM.

Produção de rainhas

A produção de rainhas com a finalidade de obter filhas das rainhas das colônias produtoras de mel para substituição das rainhas das colônias produtoras de geleia

real, foi realizada no período de outubro de 2008, abril de 2009 e agosto de 2009. Foi utilizado o método adaptado de Doolittle (1889) para produção das rainhas, que consiste na transferência de larvas de operárias de sua célula de origem para cúpulas de acrílico contendo geleia real diluída em água destilada (1:1).

No mês de janeiro de 2009, dez rainhas foram substituídas aleatoriamente nas 30 colônias produtoras de geleia real, no mês de abril - nove rainhas novamente foram substituídas aleatoriamente das 30 colônias e no mês de agosto - 12 rainhas.

Produção de geleia real

Foi utilizado o método adaptado de Doolittle (1889) para produção de geleia real, a transferência e a coleta da geleia real foram realizadas duas vezes por semana. Para obtenção de larvas apropriadas para a produção de geleia real, a transferência foi previamente programada com a introdução de um favo vazio, quatro dias antes da transferência, no centro de diferentes colônias alojadas em ninhos com dez quadros ou núcleos com cinco quadros. Assim, no momento da transferência, o favo possuía em sua maioria larvas com um dia de idade. Após a transferência das larvas, os sarrafos de transferência eram cuidadosamente devolvidos à respectiva recria e/ou minirrecria.

Comportamento Higiênico

O teste para o comportamento higiênico, segundo método estabelecido por Rothenbühler (1964), Newton et al. (1975) e revisado por Spivak & Downey (1998), estabelece o tempo gasto pelas colônias para detectar, desopercular e remover as crias mortas por congelamento (-20°C por 24h), de uma secção de favo de 5 x 6 cm (aproximadamente cem alvéolos de larvas e/ou crias operculadas de cada lado do favo), que tenha sido cortada do ninho da colônia a ser avaliada e determina se a colônia é higiênica ou não-higiênica.

As colônias produtoras de geleia real e mel foram submetidas ao teste de comportamento higiênico, segundo método descrito por Taber (1982) e Gramacho (1995). Foi retirado de cada colônia um favo contendo em ambos os lados, A e B, crias operculadas de operárias de 17 a 18 dias de idade correspondente à fase em que a pupa apresenta olho rosa. Foi fotografada a parte central deste favo operculado de onde foi retirada uma secção de 5 x 10 cm. Em seguida, foram congeladas por 24h a -20°C. Logo após, a secção do favo foi acondicionada em estufa à temperatura de 34°C e 60% de umidade por 04h, para secagem e estabelecimento da mesma temperatura interna das colônias. Após serem devolvidos para as respectivas colônias, os pedaços de favos foram novamente fotografados 24h após a devolução para análise dos alvéolos desoperculados.

As porcentagens para comportamento higiênico foram obtidas por meio do número de alvéolos de cria operculada em zero hora em função do número de alvéolos de cria operculada restantes em 24h.

Das 20 colônias matrizes produtoras de mel foram avaliadas para o teste de comportamento higiênico 15 colônias em fevereiro, 11 em março, 12 em abril, 14 em maio, 11 em junho e 7 em julho de 2009. Da mesma forma, das 30 colônias produtoras de geleia real foram avaliadas 14 no mês de fevereiro, 18 em março, 11 em abril e 13 em setembro de 2009.

As estimativas para comportamento higiênico foram obtidas por meio da seguinte fórmula:

$$CH_x = (TO_{zero\ hora} - AO_x) / TO_{zero\ hora}$$

em que,

CH_x é a relação entre o número de alvéolos que foram limpos e o número total de alvéolos operculados em zero hora, em que x assume 24h;

$TO_{zero\ hora}$ é o número total de alvéolos operculados em zero hora;

AO_x é o número total de alvéolos operculados em que x assume 24h.

O número de células com crias removidas parcialmente (crp), células pontuadas (cp) e desoperculadas (cd) que, em conjunto, refletem o comportamento higiênico correspondente às atividades de desoperculação (pontuação e destruição do opérculo ou desoperculação).

As variáveis analisadas quanto ao ácaro *Varroa destructor* foram:

Taxa de infestação nas abelhas operárias adultas

Para análise do grau de infestação do ácaro foi realizado o teste externo, como proposto por Stort et al. (1981), para verificar a quantidade de ácaros presentes nas abelhas. Este método consiste na retirada de aproximadamente cem abelhas adultas de um favo no centro da colônia, colocadas em um recipiente contendo álcool 70% e agitadas. O número total de abelhas e de ácaros foi contado para estabelecimento da porcentagem de infestação de cada colônia.

Taxa de Invasão nas pupas de operárias

Para análise do grau de invasão do ácaro *Varroa* foi realizado um teste interno, proposto por De Jong & Gonçalves, (1981), para estimar o número de ácaros nas pupas de operária. Este método consiste na retirada de um favo de cria operculada de cada colônia para que ao realizar a desoperculação das células, os opérculos foram abertos com o auxílio de uma pinça anatômica e ao todo cem pupas com olho marrom e corpo em início de pigmentação foram retiradas, sendo 50 pupas de cada lado do favo. A presença do ácaro fêmea e de seus descendentes nas pupas e no interior dos alvéolos foi analisada com o auxílio de uma luz acoplada.

Das 20 colônias produtoras de mel, esse teste foi realizado: em cinco colônias no mês de fevereiro de 2009, em seis no mês de março, em 11 no mês de abril, em oito no mês de maio, em 15 no mês de junho e em dez no mês de julho de 2009.

Nas colônias produtoras de geleia real do total de 30 colônias o teste foi realizado em 11 colônias no mês de fevereiro de 2009, sete no mês de março, nove no mês de abril e nove no mês de setembro.

Taxas de reprodução do ácaro *Varroa destructor*

Taxa de reprodução total do ácaro

A taxa de reprodução total do ácaro foi determinada pela fórmula:

$$\text{TRT} = \text{n}^\circ \text{ total de descendentes} / (\text{n}^\circ \text{ de fêmeas adultas})$$

Taxa de reprodução efetiva do ácaro

A taxa de reprodução efetiva do ácaro foi determinada pela fórmula:

$$\text{TRE} = \text{n}^\circ \text{ de deutoninfas} + \text{adultos jovens} / (\text{n}^\circ \text{ de fêmeas adultas})$$

A taxa de reprodução total (TRT) representa o número total de descendentes produzidos pelo ácaro, e a taxa de reprodução efetiva (TRE) estima o número de descendentes viáveis para reprodução. Considerando que as pupas de operárias analisadas tinham cerca de 18 a 19 dias de idade, não haveria tempo hábil para o desenvolvimento final das formas imaturas do ácaro. Portanto, apenas as deutoninfas, fêmeas adultas e as fêmeas jovens estariam em condições de parasitar a operária em emergência dois a três dias após a análise, contribuindo efetivamente para a reprodução do ácaro.

Toledo & Nogueira-Couto (1996), trabalhando com abelhas descendentes de rainhas irmãs africanizadas, caucasianas, italianas e carniças, não encontraram diferença estatística para taxa de reprodução total e efetiva da *Varroa*.

Análise dos dados

Foi executada uma análise prévia dos dados por meio do programa estatístico R Development Core Team (2009), para verificar a significância dos efeitos fixos de mês, tipo de produto, se geleia real ou mel, e suas interações, utilizando o procedimento de Modelos Lineares Generalizados (GLM), assumindo distribuição Gama e função de ligação inversa, visto que o teste de Shapiro-Wilk indicou a não-normalidade dos dados. Quando houve efeito significativo procedeu-se a correção dos dados.

Como as operárias que realizam o comportamento higiênico são abelhas de meia-idade, em média com 15,2 dias de idade (Arathi et al., 2000), a cada 35,2 dias aproximadamente, muda o grupo de operárias para essa tarefa dentro da mesma colônia.

Foi considerado que o grau de parentesco entre as colônias das rainhas mães e as colônias das rainhas filhas era de 0,25 como ilustra a Figura 1, dado que a paternidade era desconhecida.

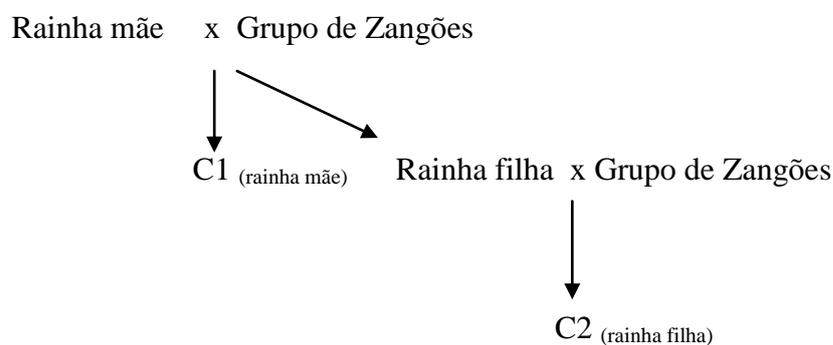


Figura 1 - Representação do grau de parentesco considerado entre as colônias produtoras de mel (C1), e produtoras de geleia real (C2).

Assim, a covariância entre as observações corrigidas das colônias das rainhas mães e das colônias das rainhas filhas estima 0,25 da variância genética aditiva.

A relação dessas duas colônias pode ser considerada de tia e sobrinha, ou seja, a rainha que deu origem à C1 é mãe da rainha que deu origem à C2.

A estratégia de análise consistiu em tomar as características em pares assumindo que a mesma característica nas colônias das rainhas mães era outra característica quando mensurada na colônia da rainha filha.

Os dados foram organizados pareando-se as observações das colônias das rainhas mães com as observações das colônias das rainhas filhas. Dessa forma, o arquivo em cada análise, envolvendo duas características era formado por quatro colunas, sendo a primeira referente às observações da característica 1 nas colônias das rainhas mães; a segunda referente às observações da característica 2 nas colônias das rainhas mães; a terceira referente às observações da característica 1 das colônias das rainhas filhas e a quarta referente às observações da característica 2 nas colônias das rainhas filhas.

Utilizando-se a estrutura multivariada na forma,

$$Y_{ijk} \sim NMV(\mu_k, \Sigma_k), \text{ ou seja,}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} \sigma_{y_1}^2 & \sigma_{y_1 y_2} & \sigma_{y_1 y_3} & \sigma_{y_1 y_4} \\ \sigma_{y_2 y_1} & \sigma_{y_2}^2 & \sigma_{y_2 y_3} & \sigma_{y_2 y_4} \\ \sigma_{y_3 y_1} & \sigma_{y_3 y_2} & \sigma_{y_3}^2 & \sigma_{y_3 y_4} \\ \sigma_{y_4 y_1} & \sigma_{y_4 y_2} & \sigma_{y_4 y_3} & \sigma_{y_4}^2 \end{bmatrix} \right\}$$

Para a matriz Σ_k que é a matriz de variância e (co)variância entre as observações, foi assumida distribuição de Wishart invertida, na forma $\Sigma_k \sim IW(R_k, J)$ com $R_k = I_J = I_4$, em que I é matriz identidade e o parâmetro escala é igual a quatro.

A distribuição marginal *a posteriori* para os parâmetros foi obtida por meio do software WinBUGS, versão 1.4.2 (Spiegelhalter et al., 1994), que procede à análise Bayesiana. Para cada parâmetro foram gerados 1 milhão de valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), sem período de descarte inicial e com todos os valores amostrados fazendo parte da cadeia final. A convergência da cadeia foi testada pelos critérios de Heidelberger & Welch (1983) e de Geweke (1992), implementados no

pacote CODA, disponível no sistema computacional R Development Core Team (2009).

Com base nos valores estimados para Σ_k , e utilizando-se um programa desenvolvido por meio do sistema computacional R Development Core Team (2009), foi possível calcular a variância fenotípica (σ_{yC1}^2 e σ_{yC2}^2) e genética (σ_{aC1}^2 e σ_{aC2}^2) para as duas características e a covariância fenotípica (σ_{yC1yC2}) e genética (σ_{aC1aC2}) entre elas, da seguinte forma:

$$\sigma_{yC1}^2 = \frac{\sigma_{y_1}^2 + \sigma_{y_3}^2}{2}$$

$$\sigma_{yC2}^2 = \frac{\sigma_{y_2}^2 + \sigma_{y_4}^2}{2}$$

$$\sigma_{yC1yC2} = \frac{\sigma_{y_1y_4} + \sigma_{y_2y_3}}{2}$$

$$\sigma_{aC1}^2 = 4\sigma_{y_1y_3}$$

$$\sigma_{aC2}^2 = 4\sigma_{y_2y_4}$$

$$\sigma_{aC1aC2} = 4\sigma_{yC1yC2}$$

Para assegurar que as herdabilidades e correlações estivessem dentro do espaço paramétrico para elas estabelecido, que é de 0 a 1 e de -1 a 1, respectivamente, foram descartadas, da cadeia de *Markov* gerada, as amostras que não satisfaziam as condições acima citadas. A nova cadeia também foi submetida aos testes de convergência de Heidelberger & Welch (1983) e de Geweke (1992).

Para cada componente de variância e parâmetro genético foi obtido o valor médio da distribuição, a mediana, o erro-padrão, o intervalo de credibilidade (IC) e a região de alta densidade (RAD) a 95%.

Resultados e Discussão

As médias para porcentagem de comportamento higiênico em 24h (CH24), taxa de infestação das adultas, taxa de invasão nas pupas, taxas de reprodução total e efetiva para colônias produtoras de mel e de geleia real foram de 74,38 e 71,40%; 8,30 e 11,40%; 9,50 e 7,5%; 102,40 e 54,60%; 62,00 e 33,00%, respectivamente.

Por meio da análise prévia dos dados foi verificado que para o comportamento higiênico em 24h (CH24) não houve efeito dos tipos de produção.

Para a infestação do ácaro nas abelhas adultas, houve interação para produto e época, mostrando que nos meses mais frios aumentou a taxa de infestação para as colônias produtoras de mel. Neste período, o número de indivíduos das colônias diminuiu e a concentração do ácaro aumenta (Nogueira-Couto, 1991).

Para o teste de invasão das pupas, o tipo de produto, mel e geleia real foi significativo e apresentou médias de 9,5 e 7,5%, respectivamente. Moretto et al. (1991) verificaram a taxa de invasão nas pupas em três regiões e concluíram que as africanizadas são mais resistentes à *Varroa* do que italianas acasaladas com africanizadas. As africanizadas do Brasil têm comportamento de tolerância ao ácaro, e a alta taxa de enxameagem destas abelhas favorece esta tolerância (Boecking & Ritter, 1993).

As taxas de reprodução total e efetiva do ácaro *Varroa* não foram influenciadas pela época e pelo tipo de produto.

Segundo Rinderer (1977), a estimativa da variância genética aditiva prediz o sucesso para iniciar um programa de seleção.

Na Tabela 1, são apresentadas as estimativas de covariância genética aditiva e fenotípica em análise bicaráter para as variáveis estudadas.

Tabela 1 - Estimativas dos componentes de (co)variância genética aditiva e fenotípica com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade,

ao nível de 95%, em análise bicaráter para comportamento higiênico em 24h, infestação, invasão e taxas de reprodução total e efetiva do ácaro *Varroa destructor* em abelhas africanizadas

Componentes *	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
σ_{a1}^2	0,05	0,005 – 0,12	0,0004 – 0,10
$\sigma_{a1 2}$	-0,001	-0,06 – 0,05	-0,06 – 0,05
σ_{a1a3}	-0,001	-0,10 – 0,10	-0,10 – 0,10
σ_{a1a4}	-0,21	-0,65 – 0,21	-0,63 – 0,23
σ_{a1a5}	0,004	-0,35 – 0,35	-0,35 – 0,35
σ_{a2}^2	0,04	0,004 – 0,10	0,0005 – 0,10
σ_{a2a3}	0,001	-0,04 – 0,04	-0,04 – 0,04
σ_{a2a4}	-0,07	-0,47 – 0,28	-0,45 – 0,30
σ_{a2a5}	0,07	-0,29 – 0,41	-0,29 – 0,41
σ_{a3}^2	0,16	0,02 – 0,38	0,002 – 0,33
σ_{a3a4}	0,07	-0,08 – 0,23	-0,08 – 0,23
σ_{a3a5}	0,01	-0,10 – 0,12	-0,10 – 0,12
σ_{a4}^2	0,25	0,05 – 0,52	0,02 – 0,47
σ_{a4a5}	0,26	-0,36 – 0,82	-0,32 – 0,85
σ_{a5}^2	0,94	0,18 – 2,31	0,06 – 1,98
σ_{y1}^2	0,09	0,05 – 0,15	0,05 – 0,15
σ_{y1y2}	-0,0003	-0,01 – 0,01	-0,01 – 0,01
σ_{y1y3}	-0,0002	-0,02 – 0,02	-0,02 – 0,02
σ_{y1y4}	-0,05	-0,16 – 0,05	-0,16 – 0,05
σ_{y1y5}	0,001	-0,08 – 0,08	-0,08 – 0,08
σ_{y2}^2	0,08	0,05 – 0,13	0,05 – 0,12
σ_{y2y3}	0,0002	-0,01 – 0,01	-0,01 – 0,01
σ_{y2y4}	-0,02	-0,12 – 0,07	-0,11 – 0,08
σ_{y2y5}	0,02	-0,07 – 0,10	-0,07 – 0,10
σ_{y3}^2	0,29	0,16 – 0,52	0,14 – 0,47
σ_{y3y4}	0,02	-0,02 – 0,05	-0,02 – 0,05
σ_{y3y5}	0,002	-0,02 – 0,02	-0,02 – 0,02
σ_{y4}^2	0,37	0,21 – 0,66	0,18 – 0,59
σ_{y4y5}	0,07	-0,09 – 0,20	-0,08 – 0,21
σ_{y5}^2	1,37	0,65 – 3,01	0,54 – 2,59

*Para todos os componentes, *a* e *y* representam os efeitos genéticos aditivos e fenotípicos, respectivamente; os índices 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem ao comportamento higiênico em 24h, infestação, invasão, taxa de reprodução total e efetiva do ácaro, respectivamente.

Por meio da Tabela 1, pode-se observar que as variâncias genéticas aditivas para invasão (0,16), taxas de reprodução total (0,25) e efetiva (0,94) do ácaro foram maiores do que as estimadas para comportamento higiênico em 24h (0,05) e infestação (0,04). As estimativas de variância fenotípica apresentaram comportamento semelhante. A identificação da maior proporção de variância genética aditiva para as taxas de

reprodução do ácaro pode estar ligada à maior precisão do método empregado, quando comparado ao de infestação, invasão e comportamento higiênico.

A Tabela 2 apresenta as estimativas de herdabilidade e seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade em análise bicaráter.

Tabela 2 - Estimativas de herdabilidade (h^2) em análise bicaráter e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 95%, e herdabilidade média para comportamento higiênico em 24h, infestação, invasão e taxas de reprodução do ácaro *Varroa destructor* em abelhas africanizadas

Características	Análise bicaráter	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
1	h^2_{a1a2}	0,52	0,06 – 0,97	0,09 – 0,99
	h^2_{a1a3}	0,57	0,07 – 0,98	0,12 – 0,99
	h^2_{a1a4}	0,56	0,07 – 0,98	0,12 – 0,99
	h^2_{a1a5}	0,66	0,12 – 0,99	0,19 – 0,99
média	h^2	0,58	–	–
2	h^2_{a2a1}	0,55	0,07 – 0,98	0,11 – 0,99
	h^2_{a2a3}	0,52	0,06 – 0,97	0,09 – 0,99
	h^2_{a2a4}	0,47	0,05 – 0,96	0,03 – 0,93
	h^2_{a2a5}	0,64	0,13 – 0,98	0,19 – 0,99
média	h^2	0,54	–	–
3	h^2_{a3a1}	0,56	0,07 – 0,98	0,11 – 0,99
	h^2_{a3a2}	0,55	0,07 – 0,98	0,11 – 0,99
	h^2_{a3a4}	0,56	0,07 – 0,98	0,11 – 0,99
	h^2_{a3a5}	0,57	0,07 – 0,98	0,12 – 0,99
média	h^2	0,56	–	–
4	h^2_{a4a1}	0,67	0,17 – 0,99	0,23 – 0,99
	h^2_{a4a2}	0,59	0,09 – 0,98	0,15 – 0,99
	h^2_{a4a3}	0,58	0,08 – 0,98	0,13 – 0,99
	h^2_{a4a5}	0,68	0,16 – 0,99	0,23 – 0,99
média	h^2	0,63	–	–
5	h^2_{a5a1}	0,68	0,16 – 0,99	0,24 – 0,99
	h^2_{a5a2}	0,56	0,07 – 0,98	0,12 – 0,99
	h^2_{a5a3}	0,54	0,06 – 0,98	0,11 – 0,99
	h^2_{a5a4}	0,66	0,15 – 0,99	0,21 – 0,99
média	h^2	0,61	–	–

* Para todos os componentes os índices 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem ao comportamento higiênico em 24h, infestação, invasão, taxa de reprodução total e efetiva do ácaro, respectivamente.

As herdabilidades médias para comportamento higiênico, taxa de infestação, taxa de invasão, taxas de reprodução total e efetiva do ácaro foram 0,58, 0,54, 0,56, 0,63

e 0,61, respectivamente. Gonçalves & Kerr (1970) relataram que o comportamento higiênico é altamente influenciado pelo ambiente. No entanto, Harbo & Harris (1999) encontraram estimativas de herdabilidade de 0,65 para este comportamento em 24h. No ano seguinte, Boecking et al. (2000) estimaram herdabilidade de 0,36 para remoção de cria operculada perfurada entre 13 e 15h. Mais recentemente, Costa-Maia (2009) estimou, por meio de inferência Bayesiana, a herdabilidade para este comportamento de 0,28.

Os intervalos de credibilidade para as estimativas de herdabilidade foram amplos, positivos e coincidiram com as regiões de alta densidade.

Falconer (1987) destacou a importância da herdabilidade, uma vez que serve para estimar a quantidade de variância genética aditiva associada a uma característica expressa por indivíduos em uma população específica.

A Tabela 3 apresenta as estimativas de correlações genéticas e fenotípicas entre as características estudadas.

Tabela 3 - Estimativas de correlações genéticas (r_g) e fenotípicas (r_y) com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 95%, em análise bicaráter, para comportamento higiênico em 24h, para infestação, invasão e taxas de reprodução total e efetiva do ácaro *Varroa destructor* em abelhas africanizadas

Componentes*	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
$r_{g1,2}$	-0,02	-0,95 – 0,94	-0,99 – 0,88
$r_{g1,3}$	-0,007	-0,95 – 0,94	-0,99 – 0,89
$r_{g1,4}$	-0,48	-0,99 – 0,69	-0,99 – 0,50
$r_{g1,5}$	0,01	-0,93 – 0,94	-0,88 – 0,99
$r_{g2,3}$	0,02	-0,93 – 0,94	-0,88 – 0,99
$r_{g2,4}$	-0,19	-0,96 – 0,89	-0,99 – 0,80
$r_{g2,5}$	0,21	-0,87 – 0,97	-0,75 – 0,99
$r_{g3,4}$	0,46	-0,73 – 0,99	-0,52 – 0,99
$r_{g3,5}$	0,06	-0,93 – 0,95	-0,87 – 0,99
$r_{g4,5}$	0,43	-0,65 – 0,98	-0,44 – 0,99
$r_{y1,2}$	-0,003	-0,15 – 0,14	-0,15 – 0,15
$r_{y1,3}$	-0,001	-0,16 – 0,15	-0,16 – 0,16
$r_{y1,4}$	-0,08	-0,19 – 0,07	-0,21 – 0,07
$r_{y1,5}$	0,002	-0,17 – 0,17	-0,17 – 0,17
$r_{y2,3}$	0,003	-0,14 – 0,15	-0,14 – 0,15

$ry_{2,4}$	-0,03	-0,16 – 0,11	-0,17 – 0,11
$ry_{2,5}$	0,03	-0,13 – 0,18	-0,12 – 0,18
$ry_{3,4}$	0,07	-0,07 – 0,19	-0,06 – 0,20
$ry_{3,5}$	0,01	-0,14 – 0,16	-0,14 – 0,16
$ry_{4,5}$	0,07	-0,09 – 0,19	-0,08 – 0,20

*os índices 1, 2, 3, 4 e 5 representam o comportamento higiênico em 24h, infestação, invasão, taxa de reprodução total e efetiva, respectivamente.

Esta tabela mostra que das correlações positivas, os valores interessantes seriam: para taxa de infestação das adultas com a taxa de reprodução efetiva do ácaro (0,21), para taxa de invasão nas pupas com a taxa de reprodução total do ácaro (0,46) e para a taxa de reprodução total com a efetiva do ácaro (0,43), já que as outras correlações são pouco correlacionadas fenotípica e geneticamente pelos seus baixos valores.

Das correlações genéticas negativas, as do comportamento higiênico com a taxa de reprodução total do ácaro (-0,48) é a correlação mais interessante, pois com esse antagonismo pode-se dizer que, selecionando abelhas africanizadas para o comportamento higiênico, as taxas de reprodução total do ácaro *Varroa destructor* diminuem.

Os intervalos de credibilidade para todas as estimativas, que foram amplos, incluíram o valor zero em seus intervalos, isto implica na não-existência da correlação entre as características estudadas. No entanto, ao analisar a simetria dos dados foi verificada a probabilidade deles existirem e serem maiores ou menores que o número zero. Foram construídas as estimativas de correlação fenotípica e genética, representados por meio das Figuras 2 a 11 das correlações fenotípicas e genéticas para mostrar essas probabilidades, e assim uma característica influenciar ou não a outra.

As Figuras 2 (comportamento higiênico com infestação), 3 (comportamento higiênico com invasão), 4 (comportamento higiênico com a taxa de reprodução efetiva),

5 (infestação com invasão) e 6 (invasão com a taxa de reprodução efetiva) mostram que as correlações fenotípicas e genéticas apresentaram gráficos simétricos e as maiores frequências próximas a zero, demonstrando que as correlações são muito baixas, portanto as características são pouco relacionadas geneticamente.

Não existe correlação entre o comportamento higiênico com as taxas de infestação do ácaro *Varroa*, visto que essas características independem uma da outra (Figura 2). Ao selecionar colônias para o comportamento higiênico pode não existir impacto nas taxas de invasão do ácaro (Figura 3), o que é representado na Tabela 3 pela correlação de -0,007 com intervalo de credibilidade de -0,95 a 0,94.

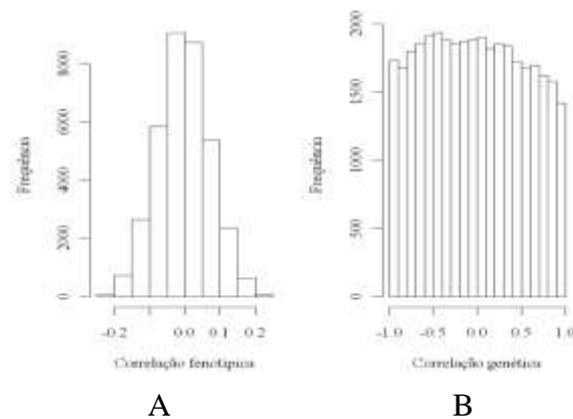


Figura 2 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) do comportamento higiênico com a taxa de infestação do ácaro *Varroa destructor*.

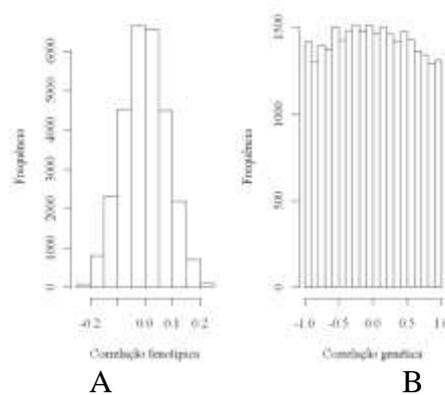


Figura 3 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) do comportamento higiênico com a taxa de invasão do ácaro *Varroa destructor*.

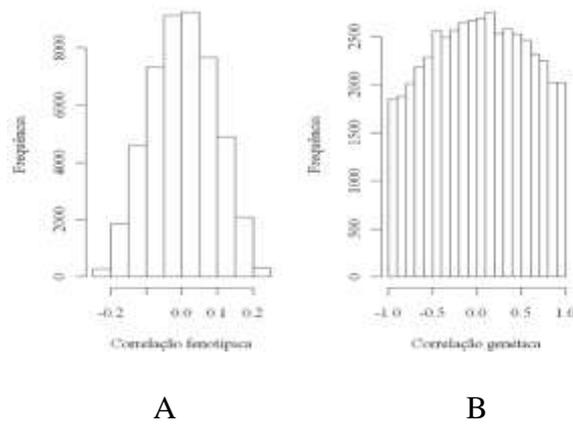


Figura 4 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) do comportamento higiênico com a taxa de reprodução efetiva do ácaro *Varroa destructor*.

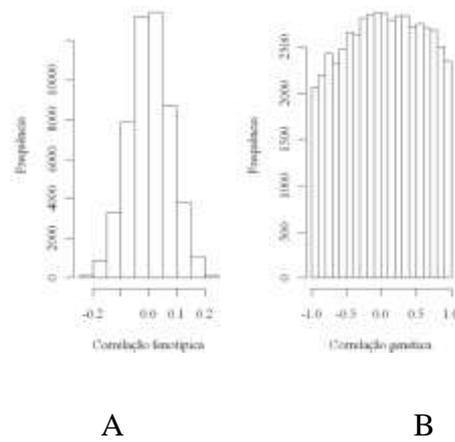


Figura 5 - Correlações fenotípica (A) e genética (B) da taxa de infestação com a taxa de invasão do ácaro *Varroa destructor*.

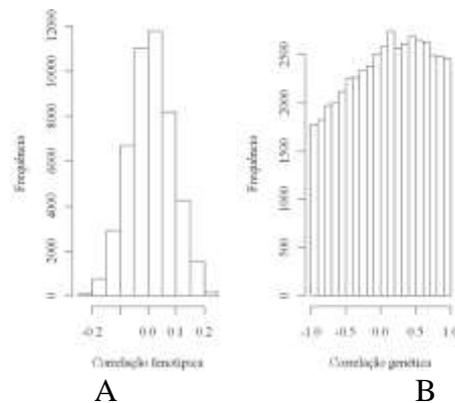


Figura 6 - Correlações fenotípica (A) e genética (B) da taxa de invasão com a taxa de reprodução efetiva do ácaro *Varroa destructor*.

Na Figura 5, as maiores frequências das correlações genéticas comprovam que estas não existem e a taxa de infestação não está correlacionada à taxa de invasão da *Varroa*, isso pode ser explicado pelo fato dos ácaros estarem infestando as colônias. Porém as danças realizadas pelas operárias conhecidas como *grooming* podem fazer com que esses ácaros não invadam as células de crias. Segundo Junkes et al. (2007), essas danças podem ter importante papel na manutenção dos baixos níveis de infestação.

As Figuras 7 (comportamento higiênico com a taxa de reprodução total), 8 (infestação com a taxa de reprodução total), 9 (infestação com a taxa de reprodução total), 10 (invasão com a taxa de reprodução total) e 11 (taxa de reprodução total com taxa de reprodução efetiva do ácaro) representam as correlações fenotípicas e genéticas, têm alta probabilidade de existirem, pois essas figuras são assimétricas e deslocados do valor zero. As Figuras 4 e 7 apresentam as maiores frequências dos valores menores que zero, representando grande probabilidade das correlações genéticas existirem e serem negativas.

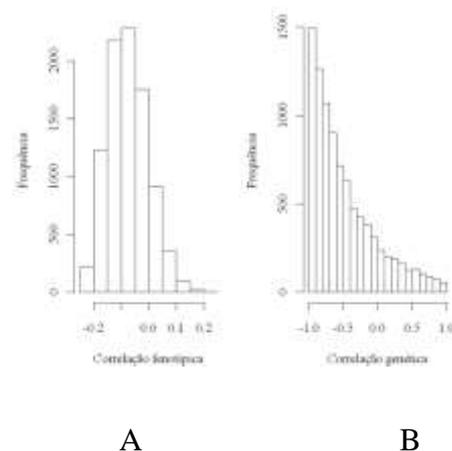


Figura 7 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) do comportamento higiênico com a taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor*.

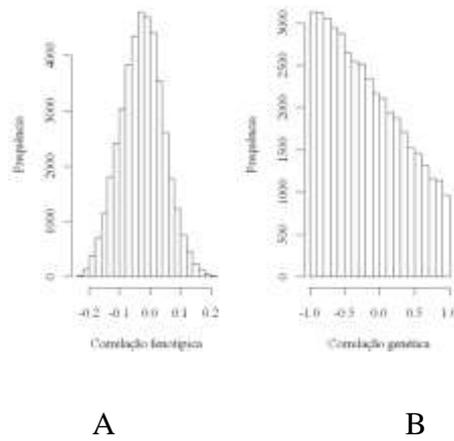


Figura 8 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) da taxa de infestação com a taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor*.

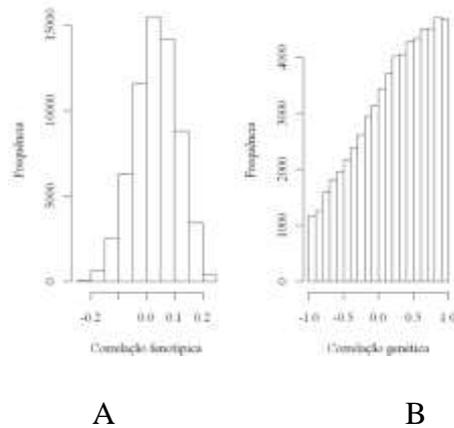


Figura 9 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) da taxa de infestação com a taxa de reprodução efetiva do ácaro *Varroa destructor*.

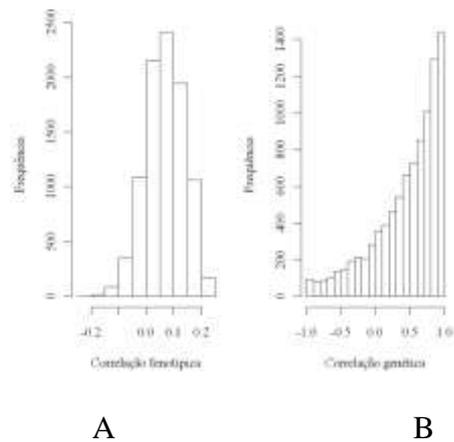


Figura 10 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) da taxa de invasão com a taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor*.

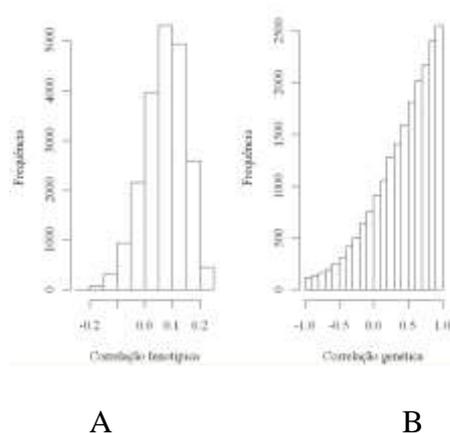


Figura 11 - Correlações fenotípicas (A) e genéticas (B) da taxa de reprodução total com a taxa de reprodução efetiva do ácaro *Varroa destructor*.

O comportamento higiênico pode ser antagônico à taxa de reprodução total do ácaro *Varroa* (Figura 7), o que pode ser explicado pela independência dessas características, pois o ácaro pode se reproduzir independentemente da existência de um eficiente comportamento higiênico das colônias. Da mesma forma, que o ácaro pode estar presente nas colônias e não estar se reproduzindo (Figura 8).

No entanto, se a taxa de infestação aumentar a taxa de reprodução efetiva do ácaro pode aumentar também (Figura 9), talvez isso ocorra pelo fato das taxas de reprodução desse ácaro estar aumentando com os anos com a possível introdução de um novo haplótipo desse ácaro no Brasil, ocorrida recentemente, que pode estar aumentando a capacidade reprodutiva desse ácaro (Carneiro et al., 2007).

Com o aumento da taxa de invasão, pode ocorrer o aumento da taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor* (Figura 10).

Com a Figura 11, é verificado que pode existir correlação entre as taxas de reprodução do ácaro *Varroa* quando mostra que os valores se concentraram acima do zero, pois essas taxas são dependentes uma da outra.

Como os critérios a serem utilizados para a seleção devem ser escolhidos de forma que as abelhas selecionadas não percam características adaptativas, tais como a

sua relativa resistência a doenças (Mouro & Toledo, 2005), é importante considerar que a maior correlação negativa encontrada nesse trabalho, para comportamento higiênico com a taxa de reprodução total, deve ser analisada cautelosamente. Isso porque o comportamento higiênico associado a todas as outras características tiveram baixas correlações e todas as características associadas à taxa de reprodução total correlações significativas. O que pode ser explicado pelo fato de o comportamento higiênico simular crias com problemas e a taxa de reprodução total ser uma medida mais precisa, uma vez que as pupas analisadas para essa taxa (olho marrom) indicam a fase exata de reprodução do ácaro.

Importante também salientar que a taxa de infestação do ácaro *Varroa destructor* no Brasil se mantém relativamente baixa e que essa taxa interfere nas taxas de reprodução do ácaro, pois sem infestação não há taxa de reprodução.

Contudo, em condições de taxas de infestação baixas a característica do comportamento higiênico ainda seria o critério de seleção mais recomendado, pois selecionando para essa característica estaria resolvendo o problema da reprodução do ácaro *Varroa destructor* entre outras doenças de cria.

Conclusões

Em condições de altas infestações desse ácaro, o critério mais interessante é o comportamento higiênico, pois apresenta herdabilidade de alta magnitude e correlação negativa com a taxa de reprodução total do ácaro *Varroa destructor*.

Literatura Citada

ARATHI, H.S.; BURNS, I; SPIVAK, M. Ethology of hygienic behaviour in honey bee *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae): behavioural repertoire of hygienic bees. **Ethology**, v.106, p.365-379, 2000.

- BIENEFELD, K.; EHRHARDT, K.; REINHARDT, F. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects – A BLUP- Animal Model approach. **Apidologie**, v.38, p.77-85, 2007.
- BOECKING, O.; RITTER, W. Grooming and removal behaviour of *Apis mellifera* in Tunisia against *Varroa jacobsoni*. **Journal of Apicultural Research**, v.32, p.127-134, 1993.
- BOECKING, O.; BIENEFELD, K.; DRESCHER, W. Heritability of the varroa-specific hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.117, p.417-424, 2000.
- CARNEIRO, F.E.; TORRES, R.R.; STRAPAZZON, R. et al. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson e Trueman) in Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) colonies in southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v.36, n.6, p.949-952, 2007.
- COSTA-MAIA, F.M. **Aspectos genéticos da produção de mel e comportamento higiênico em abelhas *Apis mellifera* africanizadas**. 2009. 77f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S. The Varroa problem in Brazil. **American Bee Journal**, v.121, p.186-189, 1981.
- DOOLITTLE, G.M. **Scientific queen-rearing as practically applied**. Chicago: Illinois, 1889. 163p.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 279p.
- GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. **Bayesian Statistics**, v.4, p.625-631, 1992.
- GILLIAM, M.; TABER, S.; RICHARDSON, G.V. Hygienic behavior of honey bees in relation to chalkbrood disease. **Apidologie**, v.14, p.29-39, 1983.
- GONÇALVES, L.S.; KERR, W.E. Genética, seleção e melhoramento. 1. Noções sobre genética e melhoramento em abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBA, 1970. p.8-36.
- GRAMACHO, K.P. **Estudo do comportamento higiênico em *Apis mellifera*, como subsídio a programas de seleção e melhoramento genético em abelhas**. 1995. 103f. Dissertação (Mestrado em Ciências: Entomologia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto.
- GRAMACHO, K.; GONÇALVES, L.S. Melhoramento genético de abelhas com base no comportamento higiênico. In: CONGRESSO NACIONAL DE APICULTURA,

- 14., 2002, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande, MS: CBA, 2002. p.188-190.
- HARBO, J.R.; HARRIS, J.W. Heritability in honey bees (Hymenoptera: Apidae) of characteristics associated with resistance to *Varroa jacobsoni* (Mesostigmata: Varroidae). **Journal of Economic Entomology**, v.92, n.2, p.262-265, 1999.
- HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v.31, p.1109-1144, 1983.
- JUNKES, L.; GUERRA JR., J.C.V.; MORETTO, G. *Varroa destructor* mite mortality rate according to the amount of worker broods in Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, p.305-308, 2007.
- MESSAGE, D. Devemos utilizar produtos quimioterápicos para controlar doenças e parasitoses das abelhas africanizadas? In: NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: Funep, 2006. p.147-156.
- MOMOT, J.P.; ROTHENBUHLER, W.C. Behaviour genetics of nest cleaning in honeybees VI. Interactions of age and genotype of bees, and nectar flow. **Journal of Apicultural Research**, v.10, n.1, p.11-21, 1971.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; JONG, D. Heritability of Africanized and European honey bee defensive behavior against the mite *Varroa jacobsoni*. **Revista Brasileira de Genética**, v.16, n.1, p.71-76, 1993.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. et al. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud. infestation in Brazil, **Apidologie**, v.22, p.197-203, 1991.
- MORETTO, G.; STRAPPAZZON, R.; CARNEIRO, F.E. As possíveis causas das tolerância das abelhas africanizadas do ácaro *Varroa destructor*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA E 3º DE MELIPONICULTURA, 17., 2008, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: CBA, 2008. p.211-213.
- MORSE, R.A.; GONÇALVES, L.S. *Varroa* disease, a threat to world beekeeping. **Gleanings in Bee Culture**, v.107, n.4, p.179-181, 1979.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* (africanizadas e cárnicas). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- NEWTON D.C.; CANTOWELL, G.C.; BOURQUIN, E.P. Removal of freeze-killed brood as an index of nest cleaning behavior in honeybee colonies (*Apis mellifera* L.). **American Bee Journal**, v.115, p.388-406, 1975.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. **Produção de alimento e cria de colméias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsoni*, em regiões canavieiras**. 1991. Tese (Livro Docência em Apicultura) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2009. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 2009.
- RINDERER, T.E. A new approach to honey bee breeding at the Baton Rouge USDA, Laboratory. **American Bee Journal**, v.117, p.146-147, 1977.
- ROTHENBÜHLER, W.C. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoologist**, v.4, p.111-123, 1964.
- SANTOS, J.J.; MESSAGE, D. Utilização de mini-recrias para a produção de geléia real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 5., 1980, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1980. p.307-311.
- SPIEGELHALTER, D.J.; DAWID, A.P.; LAURITZEN, S.L. et al. Bayesian analysis in expert systems. **Statistical Science**, v.8, p.219-283, 1993.
- SPIVAK, M.; DOWNEY, D.L. Field assays for hygienic behavior in honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v.91, n.1, p.64-70, 1998.
- STORT, A.C.; GONÇALVES, L.S.; MALASPINA, O. et al. Study on sineacar effectiveness in controlling *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, v.12, p.289-297, 1981.
- TABER, S. Bee behavior: Breeding for disease resistance. **American Bee Journal**, v.122, p.823-825, 1982.
- TERADA, Y.; GAROFALO, C.A.; SAKAGAMI, S.F. Age-survival curves for workers of two eusocial bees (*Apis mellifera* and *Plebeia droryana*) in a subtropical climate, with notes on worker polytheism in *P. droryana*. **Journal of Apicultural Research**, v.14, n.3/4, p.161-170, 1975.
- TOLEDO, V.A.A.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Infestação de colônias híbridas de abelhas *Apis mellifera* pelo ácaro *Varroa jacobsoni*. **ARS Veterinaria**, v.12, n.1, p.104-112, 1996.
- WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. London: Harvard University, 1987. 281p.
- WINSTON, M.L.; KATZ, S.J. Longevity of cross-fostered honey bee workers (*Apis mellifera*) of European and Africanized races. **Canadian Journal of Zoology**, v.59, p.1571-1574, 1981.