

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS E INTERAÇÃO
GENÓTIPO - AMBIENTE NA AVALIAÇÃO GENÉTICA EM
ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS PARA
PRODUÇÃO DE GELEIA REAL

Autora: Patrícia Faquinello
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril – 2010

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS E INTERAÇÃO
GENÓTIPO - AMBIENTE NA AVALIAÇÃO GENÉTICA EM
ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS PARA
PRODUÇÃO DE GELEIA REAL

Autora: Patrícia Faquinello
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-orientador: Prof. Dr. Elias Nunes Martins

“Tese apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá – Área de concentração Produção Animal”

MARINGÁ
Estado do Paraná
abril – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

F218h Faquinello, Patrícia
Heterogeneidade de variâncias e interação genótipo-ambiente na avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geleia real. / Patrícia Faquinello. -- Maringá, 2010.
x, 77 f. : tabs.

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

Co-orientador : Prof. Dr. Elias Nunes Martins.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2010.

1. Abelha africanizada (*Apis mellifera*) - Melhoramento genético. 2. Inferência Bayesiana - Abelha. 3. Geleia real - Avaliação genética. 4. Geleia real - Sistema de produção - Heterogeneidade. 5. Geleia real - Sistema de produção - Interação genótipo-ambiente. I. Toledo, Vagner de Alencar Arnaut de, orient. II. Martins, Elias Nunes, co-orient. III. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed. 636.082



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS E INTERAÇÃO
GENÓTIPO - AMBIENTE NA AVALIAÇÃO GENÉTICA
EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS PARA
PRODUÇÃO DE GELÉIA REAL**

Autora: Patrícia Faquinello
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

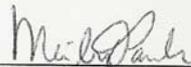
APROVADA em 22 de abril de 2009.



Prof.ª Dr.ª Regina Conceição
Garcia



Prof. Dr. Carlos Antonio
Lopes de Oliveira



Prof.ª Dr.ª Meiby Carneiro
de Paula Leite



Dr.ª Fabiana Martins Costa Maia



Prof. Dr. Vagner de Alencar
Arnaud de Toledo
(Orientador)



"A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás; mas só pode ser vivida olhando-se para a frente." (Soren Kierkegaard)

"A verdadeira medida de um homem não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como ele se mantém em tempos de controvérsia e desafio." (Martin Luther King)

À **Deus**, por ter dado força nos momentos difíceis,

Aos

Meus pais **Carlos Simão Botega Faquinello** e **Noemília Faquinello**, pelo amor incondicional, por terem acreditado e pelo investimento em meu futuro

Aos

Meus avós maternos **Cosme Marchewicz**, pelo primeiro exemplo de amor às abelhas, e **Leonora Iankoski Marchewicz** por todo amor e preocupação

A

Meu noivo **Luciano Ferreira Fernandes** pelo carinho e apoio nas dificuldades,

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

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

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, que foram os responsáveis pela minha formação acadêmica desde a graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida durante o curso de doutorado.

Ao **Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo**, pela orientação e por ter ofertado a oportunidade de continuar com o estudo e o trabalho com as abelhas.

Ao **Prof. Dr. Elias Nunes Martins**, pelo seu exemplo de vida, orientação e por ter acreditado e sempre incentivado no trabalho de melhoramento com abelhas.

Ao **Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira**, por toda a paciência e auxílio fundamental nas análises desse trabalho.

A amiga **Maria Josiane Sereia**, pelo seu exemplo de esforço, dedicação e ter vencido todos os obstáculos enfrentados, e ao seu esposo **Donizete Sereia** no auxílio da coleta de dados.

À **Fabiana Martins Costa-Maia**, grande amiga, pelo incentivo desde o início, e por ter-me iniciado no trabalho a campo, em especial, com a produção de rainhas.

Ao pessoal do grupo de Melhoramento, **Daniela Andressa Lino Lourenço** e **Alexandre Leseur dos Santos** pela troca de ideias.

Ao pessoal do Grupo de Pesquisa com Abelhas – UEM, **Priscila Wielewski**, **Pedro da Rosa Santos**, **Jackeline Ravanelli** e **André Halak**.

Aos apicultores, **Carlos Alberto Domingues**, **Ivo Karling**, **Vagner de Alencar Arnaut de Toledo**, **Edson Colhera**, **Wainer César Chiari**, **Paulo Emílio Fernandes Prohman**, que acreditaram no projeto e doaram as rainhas matrizes.

A amiga **Liliane Piano**, pelo tempo em que passamos juntas em nossa república.

Em especial a **Hulda Merlin Maschietto**, uma grande incentivadora em toda trajetória.

E a tantos outros que contribuíram de forma direta ou indireta na realização deste trabalho, o meu agradecimento.

BIOGRAFIA

PATRÍCIA FAQUINELLO, filha de Carlos Simão Botega Faquinello e Noemília Faquinello, nasceu em Cascavel, Estado do Paraná, no dia três de julho de 1980.

Em julho de 2003, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em fevereiro de 2005 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. Em 11 de junho de 2007, submeteu-se à banca examinadora para defesa da Dissertação de Mestrado.

Em fevereiro de 2007, ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, na mesma instituição, dando continuidade nos estudos em Apicultura.

Em 17 de fevereiro de 2010, submeteu-se à banca de Qualificação de Doutorado.

Em 22 de abril de 2010, submeteu-se à Defesa de Tese.

ÍNDICE

	Páginas
LISTA DE TABELAS.....	ix
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
I – INTRODUÇÃO GERAL.....	01
II – LITERATURA CITADA.....	10
III – OBJETIVOS GERAIS.....	18
IV – ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> AFRICANIZADAS.....	19
Resumo.....	19
Abstract.....	20
Introdução.....	21
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão.....	28
Conclusões.....	34
Literatura Citada.....	35
V – HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS PARA PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> AFRICANIZADAS.....	38
Resumo.....	38
Abstract.....	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	41
Resultados e Discussão.....	47

Conclusões.....	53
Literatura Citada.....	54
VI – INTERAÇÃO GENÓTIPO - AMBIENTE PARA PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS <i>Apis mellifera</i> AFRICANIZADAS EM SISTEMA DE RECRIA E MINI-RECRIA.....	56
Resumo.....	56
Abstract.....	57
Introdução.....	58
Material e Métodos.....	59
Resultados e Discussão.....	65
Conclusões.....	73
Literatura Citada.....	73
VII – CONCLUSÕES GERAIS.....	77

LISTA DE TABELAS

Páginas

ESTIMATIVAS DE COMPONENTES DE (CO) VARIÂNCIA E PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS DE PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS

Tabela 1 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2) e residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2), participação de efeito permanente (p^2) e ordem de coleta (c^2) e herdabilidade (h^2) com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise unicaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	29
Tabela 2 -	Estimativas de (co) variância genética aditiva, fenotípica e residual com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	30
Tabela 3 -	Estimativa dos componentes de (co) variância permanente de ambiente e de ordem de coleta com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	32
Tabela 4 -	Estimativas de participação de efeito permanente e de ordem de coleta, e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	32
Tabela 5 -	Estimativas de herdabilidade (h^2), correlações genéticas (rg) e fenotípicas (ry) e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	33

HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS PARA PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS

Tabela 1 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2) e residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2) e herdabilidade (h^2) com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	48
Tabela 2 -	Média da diferença dos componentes de variância genética aditiva, fenotípica, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta para características de produção de geleia real nos sistemas de recria e mini-recria, e intervalos de credibilidade e região de alta densidade, obtidos em abelhas africanizadas.....	50
Tabela 3 -	Número de amostras em comum e probabilidade de coincidência da diferença dos valores amostrais entre os dois sistemas para os componentes de variância genética aditiva, fenotípica, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta, obtidos em abelhas africanizadas.....	52

INTERAÇÃO GENÓTIPO AMBIENTE PARA PRODUÇÃO DE GELEIA REAL EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS EM SISTEMA DE RECRIA E MINI-RECRIA

Tabela 1 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2), residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2), participação de efeito permanente (p^2) e de coleta (c^2) e herdabilidade (h^2) com seus intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise unicaracter, para recria e mini-recria para as características aceite de larvas (Aceitação), produção de geleia por colônia (Colônia) e por cúpula (Cúpula).....	67
Tabela 2 -	Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), residual (σ_e^2) fenotípica (σ_y^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e ordem de coleta (σ_c^2), herdabilidade (h^2) participação de efeito permanente (p^2) e de ordem de coleta (c^2), com seus intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter entre as características de produção de geleia real em sistema de recria e mini-recria para abelhas africanizadas.....	69
Tabela 3 -	Estimativas de covariância genética (σ_g) e correlação genética direta (r_g), com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter entre sistema de recria e mini-recria para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.....	71
Tabela 4 -	Classificação das vinte melhores rainhas filhas nos sistemas de recria e mini-recria.....	72

HETEROGENEIDADE DE VARIÂNCIAS E INTERAÇÃO GENÓTIPO - AMBIENTE NA AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS PARA PRODUÇÃO DE GELEIA REAL

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram proceder à estimação de componentes de (co) variância e parâmetros genéticos, verificar a ocorrência de heterogeneidade de variância e de interação genótipo ambiente para características ligadas à produção de geleia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas. Foram utilizadas 20 rainhas matrizes fecundadas, doadas por apicultores, para produção de rainhas filhas que foram avaliadas pela produção de geleia real de suas operárias. As observações das características de produção de geleia real foram realizadas nas colmeias sob os sistemas de produção em recria e em mini-recria. As características de produção avaliadas foram: porcentagem de aceitação de larvas transferidas, produção por colônia e por cúpula. Primeiramente os dados foram submetidos à análise unicaracter e tricaracter, utilizando abordagem Bayesiana, sem considerar o sistema de produção. A média para porcentagem de aceitação foi de 52,13%; para produção de geleia por colônia de 6,26 g e para produção de geleia por cúpula de 190,07 mg. As estimativas de herdabilidade para as características de produção de geleia real em análise unicaracter variaram de 0,01 a 0,08, e para tricaracter, de 0,004 a 0,01. As correlações genéticas apresentaram valores de 0,29 entre a produção de geleia por colônia e cúpula, 0,42 entre a porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia e de 0,06 para porcentagem de aceitação e geleia real por cúpula. Para avaliação da existência de heterogeneidade de variâncias e interação genótipo ambiente foram consideradas as características de produção de geleia real como sendo distintas em cada sistema em análise unicaracter e bicaracter. Foi calculada a probabilidade de coincidência entre as distribuições “a posteriori” das variâncias. A interação genótipo - ambiente foi avaliada por meio das correlações genéticas entre os sistemas, e pela possível de alteração na classificação das rainhas filhas nos dois sistemas. As médias de produção encontradas foram de 45,59 e 61,63% para porcentagem de aceitação, 7,56 e 4,33 g para produção por colônia e de 171,92 e 217,25 mg para produção por cúpula para recria e mini-recria, respectivamente. As

estimativas de herdabilidade em análise unicaracter e bicaracter foram superiores no sistema de mini-recria (0,10 a 0,21 e 0,05 a 0,18) comparado a recria (0,02 a 0,07 e 0,02 a 0,04). A porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia apresentaram heterogeneidade para as variâncias genéticas, fenotípicas e residuais, devendo os sistemas ser analisados separadamente. Os baixos valores de correlação genética e a alteração na classificação das rainhas filhas nos dois sistemas comprovam a existência de interação genótipo - ambiente. Portanto, o sistema de produção deve ser levado em consideração na escolha das rainhas selecionadas.

Palavras-chave: abelha africanizada, parâmetros genéticos, inferência Bayesiana, correlação genética, melhoramento de abelhas

VARIANCE HETEROGENEITY AND INTERACTION GENOTYPE - ENVIRONMENT IN GENETIC EVALUATION OF AFRICANIZED HONEYBEES FOR ROYAL JELLY PRODUCTION

ABSTRACT

The objectives of this work were the estimate of (co) variance and genetic parameters, to verify the occurrence of variance heterogeneity and genotype - environment interaction for production traits of royal jelly on Africanized honeybees. There were used 20 fertilized queens, donated by beekeepers to produce daughters that have been evaluated by their royal jelly production of their workers. The observations of production characteristics of royal jelly were made in production systems of hives and mini hives. The production traits evaluated were: acceptance percentage of transferred larvae, royal jelly production per colony and per cup. First the data were analyzed unicharacter and tricharacter using Bayesian approach, without considering the production system. The average percentage acceptance was 52.13%, for jelly production per colony it was of 6.26 g and for per cup it was 190.07 mg. Heritability estimates for production traits of royal jelly in unicharacter analysis ranged from 0.01 to 0.08, and tricharacter, 0.004 to 0.01. Genetic correlations showed values of 0.29 between the jelly production per colony and per cup, 0.42 between the percentage of acceptance and jelly production per colony and 0.06 for percentage of acceptance and royal jelly production per cup. To evaluate the existence of heterogeneity of variances and genotype - environment interaction there were considered the production characteristics of royal jelly as being different in each system in unicharacter and bicharacter analysis. It was calculated the probability of coincidence between the distributions a posteriori variances. The genotype - environment interaction was assessed by means of genetic correlations between the systems, and the possible change in the classification of the queens' daughters in both systems. Average production found were 45.59 and 61.63% for acceptance percentage, 7.56 and 4.33 g for royal jelly production per colony and 171.92 and 217.25 mg for per cup in hive and mini-hive system, respectively.

Estimates of heritability by unicharacter and bicharacter analysis were higher in the mini-hive system (0.10 of 0.21 and 0.05 to 0.18) compared to hive (0.02 to 0.07 and from 0.02 to 0.04). The percentage of acceptance and jelly production per colony showed heterogeneity of variances, genetic, phenotypic and residual so the systems should be analyzed separately. The low values of genetic correlation and the change in classification of the queens' daughters in the two systems prove the existence of genotype - environment interaction. Therefore, the production system must be taken into consideration in the choice of selected queens.

Keywords: Africanized honeybee, genetic parameters, Bayesian inference, genetic correlation, honeybee breeding.

I. INTRODUÇÃO GERAL

O pesquisador e geneticista brasileiro, Warwick Estevan Kerr, buscou alternativas para melhorar a apicultura nacional. Para dar início ao programa de melhoramento, no ano de 1956 importou da África rainhas de *Apis mellifera scutellata*. Antes da completa seleção da abelha africana, algumas colônias enxamearam e houve um inter cruzamento dessa espécie com as várias subespécies europeias já existentes (*A. m. ligustica*, *A. m. mellifera*, *A. m. carnica* e *A. m. caucasica*) originando um descendente polihíbrido, sendo referido pelo termo de abelha africanizada, tendo predominância das características das abelhas africanas (Kerr, 1957; Gonçalves, 2000).

Já que as abelhas africanizadas encontraram condições ambientais semelhantes às do seu local de origem, em um período inferior a 50 anos de introdução, disseminaram-se por toda a América do Sul, Central e Norte (Winston, 1992; De Jong, 1996; 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, essa nova abelha apresentou importantes características como rápida adaptação, desenvolvimento populacional, rusticidade, resistência a doenças, prolificidade, polinizadores eficientes e maior capacidade de identificação de fonte de alimento (Benson, 1985; Nogueira-Couto, 1994a; Martinez et al., 2006; Gonçalves, 2006). Sendo assim, apresenta-se como um excelente material para ser trabalhado pelo melhorista (Kerr & Vencovsky, 1982), visando à seleção e melhoramento de características como mel, própolis, pólen, geleia real, entre outras.

O sucesso de dispersão da abelha africanizada é interessante em si, porém causou grande impacto por causa de seu comportamento de defensividade, pilhagem exacerbada e tendência à enxameação. Esses fatores provocaram o abandono ou redução drástica da atividade pelos apicultores, que não tinham ideia de como manejá-las. A apicultura nacional passou por mudanças, sendo necessárias pesquisas sobre a biologia, comportamento, técnicas de manejos adequadas, tais como o uso do melhoramento animal (Gonçalves, 1992; 2006; De Jong, 1996; Soares et al., 1996).

Após essas mudanças a apicultura está em ampla expansão, tendo destaque como a atividade do agronegócio de maior desenvolvimento, permitindo que o Brasil seja conhecido como produtor e exportador dos produtos apícolas. Ao longo dos anos esse crescimento também aumentou o interesse comercial para atividades especializadas como a produção de geleia real, que possui um bom preço de mercado e possibilidade de produção ao longo do ano (Queiroz et al., 2001; Gonçalves, 2004; 2006; Martinez et al., 2006).

Dadas as excepcionais propriedades biológicas que lhe são atribuídas, além de sua importância na alimentação das abelhas, a geleia real tem um apelo comercial considerável e hoje é utilizado em muitos setores, que vão desde as indústrias farmacêuticas e de alimentos para o setor cosmético e de fabricação (Brown, 1989; Garcia et al., 1989; Chen & Chen, 1995; Muradian, 2002; Antinelli et al., 2003; Münstedt & Georgi, 2003; Okamoto et al., 2003; Sabatini et al., 2009). Sua apresentação possui consistência cremosa, com coloração variando de branco a marfim, e sabor característico, sendo ligeiramente ácido e picante (Brown, 1989; Chen & Chen, 1995; Jianke et al., 2004; Nogueira-Couto & Couto, 2006). Em termos gerais, a sua composição permanece relativamente constante em diferentes colônias e raças de abelhas (Haydak, 1960; Brown, 1989).

A produção de geleia real ocorre nas glândulas hipofaríngeas e mandibulares das abelhas nutrízes, no período entre os 5-15 dias após emersão. Essas glândulas são localizadas na cabeça da abelha de *A. mellifera* e, em decorrência pela ingestão do pólen, secretam proteínas essenciais que fazem parte da alimentação de todas as crias, nos três primeiros dias de vida larval, e para a rainha durante toda a vida (Malecová et al., 2003; Münstedt & Georgi, 2003; Albert & Kludiny, 2004; Deseyn & Billen, 2005; Nogueira-Couto & Couto, 2006; Suwannapong et al., 2007; Wegener et al., 2009).

A flexibilidade das glândulas hipofaríngeas mostra que fatores externos como forrageamento, internos como densidade populacional, presença de cria, necessidade do desempenho da tarefa na colônia, e genéticos influenciam o seu desenvolvimento e atividade (Simpson et al., 1968; Free, 1980; Silva de Moraes & Cruz-Landim, 1984; Robinson, 1995; Pernal & Currie, 2000; Deseyn & Billen, 2005; Suwannapong et al., 2007; Weneger et al., 2009). Assim, a produção de geleia real envolve interações biológicas e comportamentais intrínsecas às abelhas, e sua variabilidade possui importantes fatores ambientais externos e internos às colônias além de componentes genéticos (Cobey, 2003; Jianke et al., 2003; Xianmin et al. 2003; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Martinez et al., 2006).

Entre os componentes ambientais externos à colônia, a disponibilidade de recursos alimentares exerce grande influência na produção de geleia real, sendo que em casos de escassez, o apicultor deve fornecer alimentação artificial suprimindo as necessidades proteicas e de carboidratos (Schmickl & Crailsheim, 2001; Keller et al., 2005; Sahinler et al., 2005; Mattila & Otis, 2006; Pereira et al., 2006; Coelho et al., 2008), além do que o fornecimento de substitutos do pólen não influencia adversamente a qualidade do alimento larval produzido (Haydak, 1960;1970; Azevedo, 1996; Azevedo-Benitez, 2000).

Outras variáveis ambientais externas como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica também apresentam efeitos específicos sobre as colônias, bem como a idade larval na transferência, que interfere na aceitação das larvas e na quantidade e qualidade de geleia real depositada nas cúpulas. Tempo de transferência, período de coleta após a transferência, material da cúpula e o manejo correto das colônias (Garcia et al., 2000; Schmickl & Crailsheim, 2002; Alves et al., 2003; Jianke et al., 2003; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Albarracín et al. 2006; Toledo et al., 2010).

Dentre os componentes ambientais internos, é indispensável uma colônia forte para alta produção de geleia real. Ela não somente possui um excesso de abelhas nutrizas, mas, pela maior tendência a enxamear, estimula a secreção de geleia real. As colônias fortes normalmente têm melhor desempenho do que aquelas com populações menores, porque possuem muitas campeiras que asseguram os recursos de pólen e néctar, estimulando a secreção de geleia real e a postura da rainha (Ribbands, 1952; Silva de Moraes & Cruz-Landim, 1984; Nogueira-Couto, 1994b; Moretto et al., 2004; Jianke & Aiping, 2005).

Outros fatores relacionados ao ambiente interno são o número e a posição das cúpulas utilizadas, visto que sofrem influência das mudanças no micro clima da colmeia e feromônio da rainha (Alber, 1965; Ebadi & Gary, 1980; Visscher, 1986; Chen et al, 2002; Xianmin et al., 2003; Albarracín et al. 2006).

O sistema de produção utilizado também pode estimular diferentes respostas ambientais internas às colônias, pois, promove uma limitação do espaço para postura da rainha, afetando a produção e produtividade, portanto deve ser considerado. Em abelhas africanizadas os sistemas utilizados são o de recria e/ou mini-recria.

O sistema de recria consiste em dois ninhos modelo Langstroth sobrepostos, o inferior com dez quadros e o superior com oito ou nove, mais o sarrafo de transferência, separados por uma tela excludora de rainha. Já para o sistema de mini-recria são utilizados dois núcleos sobrepostos, o inferior com cinco quadros e o superior com quatro mais o sarrafo de transferência, também separados por uma tela excludora de rainha.

Santos & Message (1980) não encontraram diferenças de produção de geleia real comparando recrias e mini-recrias. Segundo Laidlaw & Eckert (1962) Morse & Hooper, (1986) a utilização de mini-recrias controla a defensividade das abelhas africanizadas e permite um melhor aproveitamento de enxames menores. Outra vantagem do sistema de mini-recrias segundo, Durán (1991), é que contribui para que as abelhas controlem melhor o seu ambiente interno independente das mudanças no ambiente externo. As observações concordam com os obtidos por Martinez et al. (2006) que na prática, afirmaram ser recomendável o uso de mini-recrias para produção de geleia real, visto que estas permitem que o pequeno apicultor possa maximizar o uso de seu material biológico, além de facilitar seu manejo.

Apesar de o Brasil apresentar as condições favoráveis à produção apícola, os produtores ainda possuem níveis variados de tecnologia e experiência prática (Levy et al., 1993), e uma grande variação na produção de geleia real para abelhas *A. mellifera* africanizadas entre e dentro dos dois sistemas. Para o sistema de recria os valores variam de 23,98 a 56,30% para número de cúpulas aceitas, 3,67 a 7,90 g de geleia produzida por colônia por coleta e 139,15 a 408 mg por cúpula (Levy et al., 1993; Perlin, 1999; Muli et al., 2005; Ballesteros & Vásquez, 2007), em colônias com número de cúpulas variando de 30 a 100. Os valores de produção encontrados para o sistema de mini-recrias não são

menos variáveis, de 35,80 a 62,58% para porcentagem de aceitação, 1,68 a 4,33 mg/colônia/coleta e de 119,93 a 235,58 mg/cúpula (Toledo, 1997; Queiroz et al., 2001; Mouro & Toledo, 2004; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Toledo & Mouro, 2005; Faquinello, 2007; Toledo et al., 2010), em colônias possuindo em torno de 30 cúpulas.

As diferenças de produção encontradas nos trabalhos possivelmente são em virtude da diferença no número de cúpulas utilizadas em cada sistema e no tamanho da colônia. Podemos dizer assim que outro fator relevante, para se fazer bom uso do potencial da colônia, é o número adequado de cúpulas em função do tamanho populacional. Uma referência de Chen et al. (2002) é que a aceitação de cúpulas não seja inferior a 90%, e quando o peso da geleia real por cúpula for acima de 400 mg, é preciso incrementar o número de cúpulas. Porém, estes dados foram obtidos em colônias de origem europeia, submetidas a um programa de melhoramento há mais de uma década.

A China segue há mais de 25 anos com trabalho de melhoramento genético visando à produção de geleia real em abelhas *A. mellifera*; desde então a produção tem melhorado a cada ano. Um exemplo foi a melhoria de produção após dois anos de seleção, passando de 302g de geleia real por colônia a cada três dias para 352g (Xianmin et al., 2003). Esse processo de seleção e introdução de linhagens altamente produtoras de geleia real permitiu um aumento na média de 77,60% por colônia, comparado com um grupo controle (Jianke & Aiping, 2005). Atualmente o resultado desses esforços vem destacando a China como sendo responsável por 60% da produção mundial, sendo sua produção anual de 2000 toneladas, produção média de 8kg por colônia/ano ou 300g a cada três dias de coleta (Jianke et al., 2003; Jianke & Aiping, 2005; Sabatini et al., 2009).

Um programa de melhoramento genético visa selecionar linhagens que apresentem características de interesse econômico ao apicultor (Gramacho, 2008). Um primeiro método utilizado em populações que não sofreram nenhum melhoramento é o de seleção massal. Em abelhas, resulta em bons ganhos iniciais, principalmente em abelhas africanizadas, graças a sua grande variabilidade genética (Manrique & Soares, 2002), sendo esta causada por fatores genéticos e ambientais (Roberts & Mackensen, 1951), e bem como à interação entre esses, muitas vezes ignorada.

A despeito disso, um problema que afeta o processo de avaliação genética é a utilização de conjunto de dados com observações de animais provenientes de diferentes

condições de manejo, grupos genéticos, entre outros, os quais possuem variâncias genéticas e ambientais distintas (Santos, 2006). Ao assumir a homogeneidade de variâncias para todos os ambientes corre-se o risco de sério viés na identificação dos animais geneticamente superiores, com perda na resposta de seleção (Gianola et al., 1992; Carvalheiro et al., 2000; Torres et al., 2000; Marion et al., 2001; Teixeira et al., 2002).

A preocupação então seria a existência de variâncias heterogêneas, possuindo assim diferentes formas de proceder à avaliação genética sob a pressuposição de heterogeneidade. Segundo Martins (2002), existem três situações de ocorrência de heterogeneidade de variância, podendo ser residual, genética, ou genética e residual. Por sua vez, se a heterogeneidade de variâncias for desconsiderada, animais criados em ambientes com maior variância residual terão seus dados supervalorizados no processo de avaliação genética e animais criados em ambientes com maior variância genética terão seus dados subvalorizados.

A literatura disponível aborda os efeitos da heterogeneidade em análises para avaliações genéticas em diversas espécies animais (Torres et al., 2000; Marion et al., 2001; Oliveira et al., 2001; Araújo et al., 2002; Costa et al., 2004). Os efeitos da violação dessa pressuposição em análises para abelhas não são encontrados.

Se a causa da heterogeneidade for a interação genótipo - ambiente, então as diferenças na capacidade adaptativa alteram o desempenho dos animais e, por conseguinte, o mérito relativo de seus genótipos de acordo com o ambiente no qual estão sendo criados. Desta forma, para que o processo de seleção seja feito de maneira eficiente é importante avaliar os animais em seus ambientes, uma vez que genótipos superiores em determinados ambientes podem não se expressar da mesma forma em outros. Isto pode acontecer, por exemplo, no caso de produção de geleia real que são utilizados dois distintos sistemas de produção.

Falconer (1987) relata que uma característica, em ambientes diferentes, pode ser interpretada como sendo características diferentes, ou seja, que o conjunto de genes responsáveis pela expressão de determinada característica pode variar, dependendo do ambiente.

Essa interação genótipo - ambiente pode provocar alterações nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais, resultando em mudanças nas estimativas dos parâmetros

genéticos, fenotípicos e na ordem de classificação dos genótipos, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (Simonelli, 2004).

Segundo Van Vleck (1987), se as variâncias genéticas e residuais e as covariâncias fossem conhecidas em cada população ou no ambiente representado para cada população, a seleção produziria uma avaliação de qualidade que poderia ser usada para selecionar animais para produzirem em população ou em ambientes específicos.

Em abelhas, como o sistema de produção de geleia real utilizado, recria ou mini-recria, pode fornecer diferentes respostas ambientais internas às colônias, pode ocorrer, segundo Stanton et al. (1991), que a classificação dos animais baseada nos valores genéticos preditos para cada ambiente, não seja a mesma. Assim, a correta avaliação genética dos animais depende da eliminação, tanto quanto possível, de diferenças não genéticas entre os animais, resultando em maior progresso genético na população.

Em abelhas não existem estudos sobre uma possível interação genótipo ambiente, porém diversos estudos com outras espécies animais como vacas leiteiras, gado de corte, aves, entre outros, são realizados há bastante tempo e até hoje em dia (Falcão et al., 2008; Araújo et al., 2009; Georg et al., 2009; Paula et al., 2009; Ribeiro et al., 2009).

A maioria dos programas de melhoramento são desenvolvidos para selecionar os melhores indivíduos e usá-los como reprodutores na próxima geração a fim de incrementar a produção e aumentar eficiência de produção (Rinderer, 2008). A seleção baseada no desempenho da colônia promove o resultado na melhoria do estoque, portanto a variabilidade genética das características deve ser determinada (Calderone & Fondrk, 1991; Southwick, 1994). Para isso, melhoristas utilizam ferramentas estatísticas visando melhorar características economicamente importantes.

Por causa da grande variabilidade das abelhas africanizadas para a produção de geleia real, primeiramente é necessário selecionar as rainhas (Mouro & Toledo, 2004). A seleção é baseada na avaliação genética, que depende da estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais geneticamente superiores. Segundo Rinderer (1977), a estimativa da variância genética aditiva prediz o sucesso primário para se iniciar um programa de seleção.

Falconer (1987) destacou a importância da herdabilidade e Rinderer (1977) esclarece que a herdabilidade serve para estimar a quantidade de variância genética aditiva associada a uma característica expressa por indivíduos em uma população específica. Assim, a predição da resposta biológica de uma característica é muito importante nos programas de melhoramento (Branderburgo et al., 1989). Esta estimativa para características de produção de geleia real assim como, cria, mel e pólen é avaliada pelo resultado da ação combinada das atividades de diversas operárias, em que a colônia passa a ser uma unidade de seleção, avaliando-se a utilização de rainhas melhoradas pela resposta da progênie de operárias com base na produção (Rinderer, 1977; Collins et al., 1984; Brandeburgo et al., 1989; Bienefeld & Pirchner 1990; Robinson, 2000; Palacio et al., 2000), melhorando-se a nível de colônia com base nas características comportamentais (Oldroyd & Thompson, 2007).

Faquinello (2007) avaliou a produção de geleia real em abelhas africanizadas, e obteve estimativas de herdabilidade de 0,27 para porcentagem de aceitação, 0,10 para produção de geleia real por mini-recria e de 0,55 para geleia real por cúpula.

Outra forma de avaliar características importantes das abelhas é pelo estudo das correlações (Rinderer, 2008). A magnitude da correlação genética entre duas características mostra se ambas são influenciadas pelos mesmos genes e, geralmente, características importantes economicamente são correlacionadas (Falconer, 1987). Além disso, a correlação genética permite a medida da direção da relação entre duas características possibilitando o uso de seleção indireta que, em alguns casos, permite altos ganhos (Cruz, 2001).

Uma correlação positiva indica a possibilidade de melhoramento simultâneo, em que a seleção para uma característica produz resposta correlacionada na outra (Milne, 1985). Um exemplo, segundo Faquinello (2007), seria a seleção para a característica porcentagem de aceitação que promoverá um aumento na produção de geleia real por colônia e por cúpula em abelhas africanizadas, apresentando valores de correlação genética de 0,38 e 0,75, respectivamente.

No caso da China, os programas de seleção para geleia real têm como base a produção de mel e outras características desejáveis (Chen et al., 2002). Entretanto, Azevedo (1996) verificou que a produção de mel beneficia, porém, não serve como parâmetro para

estimação da produção de geleia real, sendo a estocagem de pólen o fator importante para esta característica.

A eficiência de um programa de seleção está baseada essencialmente na estimativa acurada dos parâmetros genéticos (Robinson, 2000), que depende das diferenças genéticas da população, ambiente, tipo de análise, método de estimação dos componentes de (co)variância e dos efeitos considerados no modelo estatístico utilizado (Van Tassel & Van Vleck, 1995). Nesse ponto Bienefeld et al. (2007) sugerem a utilização do Modelo Animal – BLUP (Melhor Preditor Linear Não-Viesado) com adaptações pertinentes às abelhas.

A fim de obter estimativas mais precisas, e considerando a distribuição dos dados e a possibilidade de trabalhar com pequeno número de amostras, a inferência Bayesiana é cada vez mais utilizada. Segundo Nogueira et al. (2003), a inferência bayesiana é uma ferramenta de grande potencial, já que considera a incerteza existente em todos os parâmetros do modelo, e permite a inserção de conhecimento prévio. Por meio dos dados com as distribuições a “priori”, pelo teorema de Bayes, obtém-se distribuições a “posteriori” dos parâmetros sobre os quais se quer inferir. Assim, o método Bayesiano permite a análise de pequenos a grandes conjuntos de dados, fornecendo estimativas acuradas dos componentes de variância, valores genéticos e os intervalos de credibilidade (Van Tassel & Van Vleck, 1995).

Sabe-se que a produção de geleia real pode ser afetada pelos genes da abelha e em alguma extensão pelo ambiente (Jianke et al., 2003). Este estudo foi dividido em três trabalhos com intuito de explorar os fatores ambientais externos e internos às colônias que interferem na produção de geleia real.

O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros genéticos e fenotípicos, bem como a heterogeneidade de variâncias e a possível existência de interação genótipo ambiente nos diferentes sistemas de produção de geleia real, visando o estabelecimento de programas de melhoramento genético para esta característica na amostra da população de abelhas africanizadas em estudo.

II. LITERATURA CITADA

- ALBARRACIN, V.N.; FUNARI, S.R.C.; ARAUCO, E.M.R.; et al. Aceitação de larvas de diferentes grupos genéticos de *Apis mellifera* na produção de abelhas rainhas. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.14, n.2, p.33-41, 2006.
- ALBER, M.A. A study of queen-rearing methods. **Bee World**, v.46, n.1, p.25-31, 1965.
- ALBERT, S.; KLAUDINY, J. The mrjp/yellow protein family of *Apis mellifera*: Identification of new members in the EST library, **Journal of Insect Physiology**, v.50, p.51-59, 2004.
- ALVES, E.M.; NEVES, C.A.; COSTA, F.M.; et al. Correlação da produção de geléia real com variáveis ambientais em colônias de *Apis mellifera* africanizadas. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, [2003]. (CD-ROM).
- ANTINELLI, J.F.; ZEGGANE, S.; DAVICO, R.; et al. Evaluation of (E)-10-hydroxydec-2-enoic acid as a freshness parameter for royal jelly. **Food Chemistry**, v.80, p.85-89, 2003.
- ARAÚJO, C.V.; TORRES, R.A.; RENNÓ, F.P. et al. Heterogeneidade de Variância na Avaliação Genética de Reprodutores da Raça Pardo-Suíça no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1343-1349, 2002.
- ARAÚJO, C.; RESENDE, G.; ARAÚJO, S.; RENNÓ, F.; et al. Interação genótipo x ambiente para produção de leite na raça Pardo Suíço, utilizando-se inferência Bayesiana. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.2, p.205-211, 2009.
- AZEVEDO, A.L.G. **Estudo de parâmetros relacionados com a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera* mais e menos produtivas**. 1996. 167f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1996.
- AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G. **Dietas protéicas sobre a produção de geléia real e parâmetros associados em colméias de *Apis mellifera***. 2000. 141f. Tese Faculdade

- de Ciências agrárias e veterinárias – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.
- BALLESTEROS, H.H.; VÁSQUEZ, R.E. Determinación de la producción de jalea real em colmenas de recria de diferentes dimensiones. **Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v.8, n.1, p.75-81, 2007.
- BENSON, K. Africanized honey bees: Their tactics of conquest. **American Bee Journal**, v.125. n.06, p.435-437, 1985.
- 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.
- BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). **Apidologie**, v.21, p.175-183, 1990.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LÔBO, 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.
- BROWN, R. Hive products: Pollen, propolis and royal jelly. **Bee World**, v.70, n.3, p.109-117, 1989.
- CALDERONE, N.W.; FONDRK, M.K. Selection for high and low, colony weight gain in the honey bee, *Apis mellifera*, using selected queens and random males. **Apidologie**, v.22, p.49-60, 1991.
- CARVALHEIRO, R. **Flexibilizando a matriz R na predição de valores genéticos**. Jaboticabal, SP: FCAV, 2000. 107p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual Paulista, 2000.
- CHEN, C.; CHEN, S-Y. Changes in protein components and storage stability of royal jelly under various conditions. **Food Chemistry**, v.54, p.195-200, 1995.
- CHEN, S.; SU, S.; LIN, X. An introduction to high-yielding royal jelly production methods in China. **Bee World**, v.83, n.2, p.69-77, 2002.
- COBEY, S. The extraordinary honey bee mating and a simple field dissection of the spermatheca – Part 1. **American Bee Journal**, v.143, n.1, p.67-69, 2003.
- COLLINS, A.M.; RINDERER, T.E.; HARBO, J.R.; et al. Heritabilities and correlations for several characters in the honey bee. **Journal of Heredity**, v.75, p.135-140, 1984.
- COSTA, C.N.; MARTINEZ, M.L.; VERNEQUE, R.S.; et al. Heterogeneidade de (Co)variância para as Produções de Leite e de Gordura entre Vacas Puras e Mestiças da Raça Gir. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.555-563, 2004
- COELHO, M.S.; SILVA, J.H.V.; OLIVEIRA, E.R.A.; et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga**, v.21, n.1, p.1-9, 2008.
- CRUZ, C.D. **Programa genes versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa:UFV, 2001.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v.77, p.67-70, 1996.

- DESEYN, J.; BILLEN, J. Age-dependent morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera, Apidae). **Apidologie**, v.36, p.49-57, 2005.
- DURÁN, J.E.T. **Estudo das variáveis ambientais e do ácaro *Varroa jacobsoni* na produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera***. Jaboticabal : UNESP, 1991. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, 1991.
- EBADI, R.; GARY, N.E. Acceptance by honeybee colonies of larvae in artificial queen cells. **Journal of Apicultural Research**, v.19, n.2, p.127-132, 1980.
- FALCÃO, A.; MARTINS, E.; COSTA, C.; MAZUCHELI, J. Interação genótipo-ambiente na produção de leite de vacas da raça Holandesa. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.2, p.225-231, 2008.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geléia real**. 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- FREE, J.B. **A organização social das abelhas (*Apis*)**. São Paulo: EDUSP, 1980. 79p.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO R.H.; MALERBO, D.T.S Efeitos do fornecimento de farelo de trigo sobre o desenvolvimento da glândula hipofaríngea e produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera*. **Ciência Zootécnica**, v.4, n.1, p.6-8, 1989.
- GARCIA, R.C.; MALERBO-SOUZA, D.T.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Cúpulas comerciais para produção de geléia real e rainhas em colméias de abelhas *Apis mellifera*. **Scientia Agricola**, v.57, n.2, p.367-370, 2000.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.1, p.17-22, 2005.
- GEORG, P.C.; PAIVA, E.; MÜLLER, A.C.; et al. Interação genótipo × ambiente em codornas de postura alimentadas com rações com dois níveis de energia metabolizável. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1706-1711, 2009.
- GIANOLA, D.; FOULLEY, J.L.; FERNANDO, R.L. et al. Estimation of Heterogeneous Variances Using Empirical Bayes Methods: Theoretical Considerations. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2805-2823, 1992.
- GONÇALVES, L.S. Africanização das abelhas nas Américas, impactos e perspectivas de aproveitamento do material genético. **Naturalia**, p.126-134. 1992.
- GONÇALVES, L.S. O estudo atual da apicultura brasileira e suas perspectivas face ao desenvolvimento da apicultura mundial. In: SEMINÁRIO SUL-BRASILEIRO DE APICULTORES, 2., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Seminário Sul-Brasileiro de Apicultores, 2000. p.29-40.
- GONÇALVES, L.S. Expansão da apicultura brasileira e suas perspectivas em relação ao mercado apícola internacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15., 2004, Natal. **Anais...** Natal: CBA, [2004]. (CD-ROM).

- 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. 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.
- HAYDAK, M.H. Vitamin content of royal jelly from honey bee colonies fed normal diet from those fed pollen substitutes. **Annals of the Entomological Society of America**, v.53, p.695, 1960.
- HAYDAK, M H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v.15, p.143-156, 1970.
- JIANKE, L.; AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v.145, n.8, p.661-664, 2005.
- JIANKE, L.; SHENGLU, C.; BOXIONG, Z. et al. The optimal way of royal jelly production. **American Bee Journal**, v.143, n.3, p.221-223, 2003.
- JIANKE, L.; ZIHONG, Y.; AIPING, W. Historical evolution of chinese apitherapy and health care - Part II of II parts. **American Bee Journal**, v.144, n.5, p.357-360, 2004.
- KAPLAN, J.K. Africanized honey bees in the news again. **Agricultural Research**, v.54, p.4-7, 2007.
- KELLER, I.; FLURI, P.; IMDORF, A. Pollen nutrition and colony development in honey bees: Part I. **Bee World**, v.86, n.1, p.3-10, 2005.
- KERR, W.E. Introdução de abelhas africanas no Brasil. **Brasil Apícola**, v.3, n.5, p.211-213, 1957.
- 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.
- LAIDLAW, H.H.; ECKERT, J.E. **Queen rearing**. Berkeley: University of California Press, 1962.
- LEVY, P.S.; SILVA, R. M.B.; PARANHOS, B.A.J. et al. Influência do tempo entre a transferência das larvas e a colheita sobre a produção de geléia real de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Boletim de Indústria Animal**, v.50, n.2, p.113-117, 1993.
- MALECOVÁ, B; RAMSER, J.; O'BRIEN, J.K.; et al. Honeybee (*Apis mellifera* L.) mrjp gene family: computational analysis of putative promoters and genomic structure of mrjp1, the gene coding for the most abundant protein of larval food. **Gene**, v.303, p.165-175, 2003.

- MANRIQUE, A.J.; SOARES, A.E.E.S. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para a melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Interciência**, v.27, n.6, p.312-316, 2002.
- MATTILA, H.R.; OTIS, G.W. Influence of pollen diet in spring on development of honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.3, p.604-613, 2006.
- MARION, A.E.; RORATO, P.R.N.; FERREIRA, G.B. et al. Estudo da heterogeneidade de variâncias para as características produtivas de rebanhos da raça Holandesa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1995-2001, 2001.
- MARTINS, E.N. Avaliação genética e heterogeneidade de variância. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife-PB. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002]. (CD-ROM).
- MARTINEZ, O.A.; ZULLO, A.J.; MORENO, U.; et al. Produção de geléia real com abelhas africanizadas – uma alternativa para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 21, 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, [2006]. (CD-ROM).
- MARION, A.E.; RORATO, P.R.N.; FERREIRA, G.B. et al. Estudo da heterogeneidade de variâncias para as características produtivas de rebanhos da raça Holandesa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1995-2001, 2001.
- MILNE, C.P. Estimates of heritabilities of and genetic correlation between two components of honey bee (Hymenoptera: Apidae) hygienic behavior: uncapping and removing. **Annals of the Entomological Society of America**, n.78, p.841-844, 1985.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.3. p.469-476, 2004.
- MORSE, R.; HOOPER, T. **Enciclopédia Ilustrada de Apicultura**. Lisboa: Europa-América, 1986.
- MORETTO, G.; GUERRA, J.C.V.; KALVELAGE, H.; et al. Maternal influence on the acceptance of virgin queens introduced into Africanized honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **Genetics and Molecular Research**, v.3, n.3, p.441-445, 2004.
- MULI, E.M.; RAINA, S.K.; MUEKE, J.M. Royal jelly production in East Africa: performance potential of the honey bees, *Apis mellifera scutellata* and *Apis mellifera monticola* in Kenya. **Journal of Apicultural Research**, v.44, n.4. p.137-140, 2005.
- MÜNSTER, K.; GEORGI, R.V. Royal jelly – A miraculous product from the bee hive? **American Bee Journal**, v.143, n.8, p.647-650, 2003.
- MURADIAN, L.B.A. Qualidades nutritivas dos produtos das abelhas (geléia real e pólen desidratado). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14., Campo Grande, 2002. **Anais...** Campo Grande: CBA, 2002. p.289.
- NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, T.; BEARZOTI, E.; et al. Análises clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração. **Ciência e Agrotecnologia**, p.1614-1624, 2003.

- NOGUEIRA-COUTO, R.H. Polinização com abelhas africanizadas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1., 1994. Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: UNESP, 1994a. p.101-117.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H. Geléia Real: Aspectos gerais de produção e resultados experimentais na região de Jaboticabal (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., 1994. Pousada do Rio Quente. **Anais...** Pousada do Rio Quente: CBA, 1994b. p.116-127.
- NOGUEIRA-COUTO, R.H.; COUTO, L.A. **Apicultura: Manejo e produtos**. 3ª edição, Jaboticabal: FUNEP, 2006. 193p.
- OKAMOTO, I.; TANIGUCHI, Y.; KUNIKATA, T.; et al. Major royal jelly protein 3 modulates immune responses in vitro and in vivo. **Life Sciences**, v.73, p.2029-2045, 2003.
- OLDROYD, B.P.; THOMPSON, G.J. Behavioral genetics of the honey bee *Apis mellifera*. **Advances in Insect Physiology**, v.33, p.1-49, 2007.
- OLIVEIRA, C.A.L.; MARTINS, E.N.; FREITAS, A.R.; et al. Heterogeneidade de variâncias nos grupos genéticos formadores da raça Canchim. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1212-1219, 2001.
- PALACIO, M.A.; FIGINI, E.E.; RUFFINENGO, S.R; et al. Changes in a population of *Apis mellifera* L. selected for hygienic behavior and its relation to brood disease tolerance. **Apidologie**, v.31, p.471-478, 2000.
- PAULA, M.C.; MARTINS, E.N.; CAMPOS DA SILVA, L.O.; et al. Interação genótipo × ambiente para produção de leite de bovinos da raça Holandesa entre bacias leiteiras no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.467-473, 2009.
- PERLIN, T.A. Valor nutricional de farinha de soja e mel, farinha láctea e açúcar em colmeias de abelhas (*Apis mellifera*) na produção de geleia real. **Ciência Rural**, v.29, n.2 p.345-347, 1999.
- PEREIRA, F.M.; FREITAS, B.M.; VIEIRA-NETO, J.M.; et al. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos protéicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1. p.1-7, 2006.
- PERNAL, S.F.; CURRIE, R.W. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v.31. p.387-409, 2000.
- QUEIROZ, M.L.; BARBOSA, S.B.P.; AZEVEDO, M. Produção de geleia real e desenvolvimento de abelhas *Apis mellifera*, na região semi-árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.2, p.449-453, 2001.
- RIBBANDS, C.R. Division of labour in the honeybee community. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences**, p.32-43, 1952.
- RIBEIRO, S. ELER, J.P.; BALIEIRO, J.C.C.; et al. Influência da interação genótipo x ambiente sobre o peso à desmama em bovinos da raça Nelore. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.3, p.668-675, 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.

- RINDERER, T.E. Selection. In: RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 2008, p.305-319.
- ROBERTS, W.C.; MACKENSEN, O. Bee breeding and animal breeding. **American Bee Journal**, v.91, n.7, p.292-294, 1951.
- ROBINSON, G.E. Hormonal and genetic regulation of division of labor in honey bee colonies: You're only as old as you feel. **American Bee Journal**, v.135, n.3, p.169-170, 1995.
- ROBINSON, G. Bees & Genes. **Bee Culture**, v.128, n.12, p.20-23, 2000.
- SABATINI, A.G.; MARCAZANN, G.L.; CARBONI, M.F. et al. Quality and standardisation of royal jelly. **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science**, v.1, n.1, p.16-21, 2009.
- SAHINLER, N.; GÜL, A.; SAHIN, A. Vitamin E supplement in honey bee colonies to increase cell acceptance rate and royal jelly production. **Journal of Apicultural Research**, v.44, n.2, p.58-60, 2005.
- SANTOS, J.J.; MESSAGE, D. Utilização de mini-recrias para a produção de geléia real. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 5., 1980, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1980. p.307-311.
- SANTOS, A.I. **Heterogeneidade entre estruturas de matrizes de (co) variâncias**. 2006. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.
- SCHMICKL, T.; CRAILSHEIM, K. Cannibalism and early capping: strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. **Journal of Comparative Physiology A**, v.187, p.541-547, 2001.
- SCHMICKL, T.; CRAILSHEIM, K. How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.51, p.415-425, 2002.
- SILVA DE MORAES, R.L.M.; CRUZ-LANDIM, C. da. Influência da densidade populacional no comportamento dos núcleos das glândulas hipofaríngeas de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). **Naturalia**, v.9, p.27-33, 1984.
- SIMONELLI, S.M. **Heterogeneidade de variâncias e interação genótipo x ambiente no desempenho de animais Nelore em diferentes regiões do estado do Mato Grosso do Sul**. 2004. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- SIMPSON, J.; RIEDEL, I.B.M.; WILDING, N. Invertase in the hypopharyngeal glands of the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, v.7, n.1, p.29-36, 1968.
- SOUTHWICK, E.E. Genotypic components of foraging behavior. **American Bee Journal**, v.134, n.9, p.609-610, 1994.
- SOARES, A.E.E.; ALMEIDA, R.; BEZERRA-LAURE, M.A. 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.

- STANTON, T.L.; BLAKE, R.W.; QUAAS, R.L. et al. Genotype by environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, México and Porto Rico. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.5, p.1700-1714, 1991.
- SUWANNAPONG, G.; SEANBUALUANG, P.; WONGSIRL, S. A histochemical study of the hypopharyngeal glands of the dwarf honey bees *Apis andreniformis* and *Apis florea*. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v.46, n.4, p.260-263, 2007.
- TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F.; FERREIRA, W.J. et al. Ajustamento para heterogeneidade de variância na produção de leite de vacas da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.369-375, 2002.
- TOLEDO, V.A.A. **Estudo comparativo de parâmetros biológicos e de produção de cera e geléia real em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, cárnicas, italianas e seus híbridos**. 1997. 196f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.
- TOLEDO, V.A.A.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- TOLEDO, V.A.A.; NEVES, C.A; ALVES, E.M.; et al. Produção de geléia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.93-100, 2010.
- TORRES, R.A.; BERGMANN, J.A.G.; COSTA, C.N. et al. Heterogeneidade de variância e avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1050-1059, 2000.
- VAN VLECK, L.D. Selection when traits have different genetic and phenotypic variances in different environments. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.337-344. 1987.
- VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply gibbs sampling to animal models for variance component estimation**. (DRAFT) Lincon: Departament of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.
- VISSCHER, P.K. Effect of location within the nest on acceptance of queen cells in honeybee colonies. **Journal of Apicultural Research**, v.25, n.3. p.154-157, 1986.
- XIANMIN, L.; JIANKE, L.; CANGQIANG, C. Factors affecting royal jelly production. **American Bee Journal**, v.143, n.12, p.969-972, 2003.
- WEGENER, J.; LORENZ, M.W.; BIENEFELD, K. Physiological consequences of prolonged nursing in the honey bee. **Insectes Sociaux**, v.56, p.85-93, 2009.
- WINSTON, M.L. The biology and management of Africanized honey bees. **Annual Review of Entomology**, v.37, p.173-193, 1992.

III. OBJETIVOS GERAIS

- Estimar componentes de variância, covariância e parâmetros genéticos para características de produção de geleia real em abelhas *A. mellifera* africanizadas, por meio de inferência Bayesiana;

- Avaliar a heterogeneidade de variâncias entre sistemas de recria e mini-recria para produção de geleia real em abelhas *A. mellifera* africanizadas;

- Verificar a ocorrência da interação genótipo - ambiente para as características de produção de geleia real, em abelhas *A. mellifera* africanizadas, avaliadas em dois sistemas de produção: recria e mini-recria.

IV - Estimativas de Componentes de (Co) Variância e Parâmetros Genéticos para Características de Produção de Geleia Real em Abelhas *Apis mellifera* Africanizadas

RESUMO - Os objetivos deste trabalho foram estimar componentes de (co) variância e parâmetros genéticos para produção de geleia real em abelhas *A. mellifera* africanizadas. Vinte rainhas fecundadas doadas por apicultores foram fornecedoras de larvas para produção e avaliação de rainhas filhas, pela produção de geleia real de suas operárias, das características porcentagem de aceitação de larvas transferidas (%) e produção de geleia real por colônia (g) e por cúpula (mg), nos sistemas de produção de recria e mini-recria. Os dados foram submetidos à análise unicaracter e tricaracter, utilizando abordagem Bayesiana. A média para porcentagem de aceitação foi de 52,13%; para produção de geleia por colônia de 6,26 g e para produção de geleia por cúpula de 190,07 mg. As estimativas de herdabilidade para as características de produção de geleia real em análise unicaracter variaram de 0,01 a 0,08, e para tricaracter, de 0,004 a 0,01, gerando estimativas mais precisas em análise unicaracter. As correlações genéticas foram positivas e apresentaram valores de 0,29 entre a produção de geleia por colônia e cúpula, 0,42 entre a porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia e baixa de 0,06 para porcentagem de aceitação e geleia real por cúpula. A análise dos resultados obtidos demonstrou que a produção de geleia real sofre grande influência do ambiente, promovendo valores baixos de herdabilidade. Os resultados de correlação genética indicam que a seleção realizada para aumentar a produção de geleia real por colônia promoverá aumento na porcentagem de aceitação e produção de geleia por cúpula.

Palavras-chave: inferência Bayesiana, avaliação genética, herdabilidade, melhoramento de abelhas, correlação genética

IV - Estimates of (Co) Variances Components and Genetic Parameters for Royal Jelly Production in Africanized Honeybees

ABSTRACT - The objectives were to estimate (co) variance and genetic parameters for royal jelly production in Africanized honeybees. Twenty fertilized queens, donated by beekeepers to produce daughters have been evaluated by their royal jelly production of their workers, the acceptance percentage of transferred larvae (%), royal jelly production per colony (g) and per cup (mg), in hive and mini-hive system. The data were analyzed by unicharacter and tricharacter using Bayesian approach. The average percentage acceptance was 52.13%, for jelly production per colony it was of 6.26 g and for jelly per cup was 190.07 mg. Heritability estimates for production traits of royal jelly in unicharacter analysis ranged from 0.01 to 0.08, and tricharacter, 0.004 to 0.01, generating more accurate estimates in unicharacter analysis. Genetic correlations were positive and showed values of 0.29 between the royal jelly production per colony and per cup, 0.42 between the acceptance percentage and royal jelly production per colony and low of 0.06 for acceptance percentage and royal jelly production per cup. The results obtained demonstrated that the royal jelly production is influenced by environment, promoting low values of heritability. The correlation results indicate that genetic selection to increase royal jelly production per colony will also increase the acceptance percentage and production per cup.

Key-words: Bayesian inference, genetic evaluation, heritability, bee breeding, Africanized honeybee

Introdução

A produção de geleia real pode ser afetada pelos genes da abelha e pelo ambiente externo e interno da colônia (Jianke et al., 2003), envolvendo interações biológicas e comportamentais intrínsecas às abelhas (Cobey, 2003; Jianke et al., 2003; Xianmin et al., 2003; Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Deseyn & Billen, 2005; Suwannapong et al., 2007; Weneger et al., 2009).

O Brasil apresenta as condições favoráveis à produção apícola, porém os produtores ainda possuem níveis variados de tecnologia (Levy et al., 1993), obtendo-se assim diferenças na produção de geleia real para abelhas *Apis mellifera* africanizadas.

Um programa de melhoramento genético visa selecionar linhagens que apresentem características de interesse econômico ao apicultor e usá-las como linhagens na próxima geração, a fim de incrementar a produção e aumentar a eficiência de produção (Rinderer, 2008). A seleção é baseada no desempenho da colônia, para isso a variabilidade genética dessas características deve ser estimada (Calderone & Fondrk, 1991; Southwick, 1994).

Existe uma ampla variabilidade genética em abelhas africanizadas (Manrique & Soares, 2002); com intuito de melhorar a produção de geleia real é necessário primeiramente realizar a seleção das rainhas (Mouro & Toledo, 2004). Esta seleção é baseada na avaliação genética, que depende da estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais geneticamente superiores.

A fim de obter estimativas mais precisas, a inferência Bayesiana tem sido utilizada, porque permite a análise de pequenos a grandes conjuntos de dados, fornecendo estimativas acuradas dos componentes de variância, valores genéticos e os intervalos de credibilidade (Van Tassel & Van Vleck, 1995), contribuindo para um eficiente programa de seleção.

Faquinello (2007) avaliou a produção de geleia real em abelhas africanizadas, por meio de inferência Bayesiana, e obteve estimativas de herdabilidade de 0,27 para porcentagem de aceitação de 0,10 para produção de geleia real por colônia e de 0,55 por cúpula.

Apesar da produção de geleia real ser uma característica geneticamente controlada (Jianke & Aiping, 2005), existe pouca informação sobre os fatores genéticos que controlam

a sua produção em abelhas africanizadas. Sendo assim o objetivo deste trabalho foi de estimar componentes de (co) variância e parâmetros genéticos para produção de geleia real em abelhas *A. mellifera* africanizadas.

Material e Métodos

O trabalho foi inicialmente realizado junto a um grupo de sete apicultores, interessados em participar do programa de melhoramento genético, que possuem apiários no Estado do Paraná, nas cidades de Porto Rico, Uniflor, Campo Mourão, Mandaguari, Maringá e no Estado de São Paulo, em Junqueirópolis. Esses apicultores doaram ao todo 20 rainhas, fecundadas naturalmente ao ar, de colônias já estabelecidas e nenhum apresentou histórico de produção das colônias orfanadas. No ano de 2005, deu-se início ao programa de melhoramento genético para produção de geleia real.

As rainhas matrizes estavam alojadas em colmeias modelo Langstroth na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM). Estas colônias receberam alimentação e manejo permanente, além do controle periódico das rainhas e do desenvolvimento da colônia. Para execução desse trabalho as rainhas matrizes foram utilizadas como fornecedoras de larvas para produção de rainhas filhas.

Produção de rainhas

A produção das rainhas foi realizada no período de janeiro a dezembro de 2006 e outubro de 2007 a outubro de 2008, totalizando dois anos. Um favo com larvas foi retirado de cada uma das colônias matrizes, identificado de acordo com sua origem e levado ao Laboratório de Produção de Rainhas, com temperatura controlada em torno de 34°C e umidade relativa de 60%. Este favo foi coberto com pano limpo e úmido e manuseado cuidadosamente para manutenção da qualidade das larvas até o momento da transferência.

Foi utilizado o método descrito por Doolittle (1899) para produção das rainhas, que consiste na transferência de larvas de sua célula de origem, em um favo de crias de operária, para cúpulas artificiais de acrílico contendo geleia real.

Foi utilizado o sistema de mini-recrias como colônias iniciadoras/terminadoras, compostas por dois núcleos sobrepostos, possuindo o inferior cinco favos e no superior quatro favos, mais um sarrafo de transferência, separados por uma tela excludora de

rainha. O sarrafo de transferência consistia de dois sarrafos transversais removíveis para fixação de 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 localizadas no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo.

No momento da transferência para produção de rainhas foi colocada uma gota de geleia real diluída em água destilada (1:1) em cada cúpula e a larva, com até um dia de eclosão, foi transferida com auxílio de um estilete metálico. A genealogia das larvas de todas as matrizes foi identificada nos sarrafos com uma caneta esferográfica e distribuídas aleatoriamente nas 28 cúpulas.

Para garantir uma boa quantidade de nutrizes destinadas ao cuidado e alimentação das larvas transferidas, além de espaço no núcleo inferior para que a rainha realizasse a postura, a cada 10 dias, as colônias iniciadoras/terminadoras eram manejadas. Esse manejo consistiu na substituição de dois a três favos com cria operculada do núcleo inferior para o superior.

A idade das larvas utilizadas na transferência para produção de rainhas foi de até um dia de idade, sendo a retirada das realeiras marcada para 10 dias após a transferência.

Ao décimo dia, os sarrafos de transferência com as realeiras foram retiradas das colônias iniciadoras/terminadoras e levados ao Laboratório de Produção de rainhas, localizado no Apiário Central. As realeiras eram dispostas verticalmente em frascos de vidro de 20 mL e alimento tipo cândi. Cada frasco foi identificado de acordo com a genealogia da rainha e o número da mini-recria em que se desenvolveu. Em seguida, os frascos com as realeiras eram levados à estufa própria de criação de rainhas com temperatura média de 34°C e umidade relativa de 60%.

As rainhas recém-emergidas foram anestesiadas com CO₂, identificadas com uma plaqueta numerada na parte superior do tórax, acondicionadas em gaiola de rainha contendo cândi e levadas ao banco de rainhas até a introdução nas colônias destinadas à produção de geleia real.

As colônias produtoras de geleia real foram orfanadas 24 a 72 horas antes da introdução da nova rainha. No momento da introdução, os favos eram inspecionados quanto à presença de realeiras formadas pela falta da antiga rainha, e destruídas. Foi selecionada a filha mais pesada de cada matriz e introduzida em gaiola modelo JZBZ, disposta verticalmente entre os favos de cria. Por volta de dois dias a rainha era libertada,

após o consumo do cãndi pelas operárias. Depois de liberta, caso não fosse aceita, uma nova rainha era reintroduzida até obter sucesso.

Produção de geleia real

Os sistemas de produção de geleia real avaliados neste trabalho foram o de recria e de mini-recria, sendo o sistema de recria composto por dois ninhos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha. No ninho inferior da recria foram mantidos 10 favos e no superior nove favos mais um sarrafo de transferência. Já o sistema de mini-recria consistia em dois núcleos sobrepostos, possuindo o inferior cinco favos e no superior quatro favos mais um sarrafo de transferência, separados por uma tela excludora de rainha.

Para o sistema de recria foi utilizado um quadro porta-cúpula, identificado, com 100 cúpulas de acrílico, sendo 33 no sarrafo de cima, 33 no sarrafo do meio e 34 no sarrafo de baixo. A mini-recria possuía um quadro porta-cúpula, com 30 cúpulas de acrílico, sendo 15 no sarrafo de cima e 15 no sarrafo de baixo.

Para evitar o “drifting” das rainhas no retorno do vôo de fecundação foram colocadas identificações de cores e formas no alvado dessas colônias. Essas colônias foram submetidas à produção de geleia real após 50 dias decorridos do início da postura da nova rainha. Visto que a longevidade média de uma operária africanizada é de até 26,3 dias (Terada et al., 1975; Winston & Katz, 1981), foi considerado que, em aproximadamente 50 dias, todas as abelhas presentes na colônia eram filhas da nova rainha. Em função disso, a produção de geleia real por colônia foi avaliada após este período.

Para a produção de geleia real o processo é semelhante ao de produção de rainhas, sendo que neste caso, a produção de geleia real é interrompida 64-72 horas após a transferência e a geleia real é coletada.

Para obtenção de larvas apropriadas a transferência das larvas foi previamente programada, com a introdução de um favo vazio, quatro dias antes da transferência, no centro de diferentes colônias alojadas em ninhos ou núcleos. Assim, no momento da transferência, o favo possuía larvas recém-eclodidas com um dia de idade e/ou ovos. Após a transferência das larvas, os sarrafos de transferência eram cuidadosamente devolvidos a respectiva recria e/ou mini-recria.

A coleta da geleia real foi realizada 62 a 68 horas após a transferência com um sistema de sucção mediante uma bomba de vácuo, sem o contato manual com a geleia real.

Cada coleta foi considerada em ordem crescente, que iniciava da primeira até a última coleta realizada, denominada assim de ordem de coleta.

Foram avaliadas a porcentagem de aceitação de larvas transferidas (%) e a produção de geleia real por colônia (recria e/ou mini-recria) (g) e por cúpula (mg). A geleia real coletada foi pesada em balança de precisão de 0,001 g, acondicionada em potes e congelada. Em seguida, os sarrafos de transferência eram devolvidos às respectivas colônias para limpeza pelas operárias e no dia seguinte nova transferência era realizada.

Em um período de avaliação de produção superior a 50 dias foram assumidos dois grupos de operárias diferentes por rainha, considerados como animais diferentes. O parentesco entre grupos é de super-irmãs, visto que a mesma rainha permaneceu durante o período de avaliação e os zangões eram desconhecidos.

A avaliação da rainha consistiu na transferência de larvas para produção de geleia real, realizada duas vezes por semana, e se estendeu pelo período de um a dois meses. Em seguida a rainha já avaliada foi substituída por outra dando continuidade ao processo.

O número de rainhas avaliadas foi de 20 mães, 62 filhas, 60 netas, 33 bisnetas e 18 tataranetas, sendo que todas foram representadas e totalizando 193 rainhas. Foram analisados os dados de produção de geleia real de 56 colônias em sistema de recria e 118 em mini-recria, totalizando 173 colônias avaliadas e participação percentual de 32,37 e 67,63%, respectivamente. A matriz de parentesco consistiu em 567 indivíduos entre rainhas e operárias das colônias. A coleta dos dados de produção estendeu-se de abril de 2006 a janeiro de 2007 e dezembro de 2008 a janeiro de 2009.

Análise dos dados

A estimação dos componentes de variância e (co)variância dos parâmetros genéticos para as características de produção de geleia real analisada foi realizada utilizando abordagem Bayesiana, utilizando a partir do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*) desenvolvido por Van Tassel & Van Vleck (1995), que procede à estimação Bayesiana por meio da técnica de amostragem de Gibbs.

Foram realizadas análises unicaracter e tricaracter. O modelo animal utilizado incluiu os efeitos de época do ano e sistema de produção, efeitos genéticos aditivos, efeito permanente de ambiente e efeitos de ordem de coleta. Foram considerados como efeitos fixos o sistema de produção e a época do ano.

Para todas as análises, foi utilizado o modelo animal descrito a seguir:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2p + Z_3c + e$$

em que,

y é o vetor de observações;

X é a matriz de incidência dos efeitos de época do ano e sistema de produção, contida no vetor β ;

Z_1 é a matriz de incidência dos efeitos genéticos aditivos, contida no vetor a ;

Z_2 é a matriz de incidência dos efeitos permanente de ambiente, contido no vetor p ;

Z_3 é a matriz de incidência dos efeitos de ordem de coleta, contido no vetor c ;

e é o vetor dos erros aleatórios associados a cada observação.

Foram assumidas pressuposições de que os efeitos incluídos no modelo possuem distribuição plana e as matrizes de (co)variâncias distribuição de Wishart Invertida.

Admitiu-se que y , a , p , c e e apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue abaixo:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ p \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} XB \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V & Z_1G & Z_2P & Z_3C & R \\ GZ_1' & G & \phi & \phi & \phi \\ PZ_2' & \phi & P & \phi & \phi \\ CZ_3' & \phi & \phi & C & \phi \\ R & \phi & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

sendo:

$$V = Z_1GZ_1' + Z_2PZ_2' + Z_3CZ_3' + R$$

Na análise unicaracter, $G = A\sigma_a^2$, sendo A a matriz de parentesco e σ_a^2 a variância genética aditiva da característica; $P = I\sigma_p^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e σ_p^2 a variância de efeito permanente de ambiente da característica; $C = I\sigma_c^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de ordens de coleta e σ_c^2 a variância de ordem de coleta da característica; $R = I\sigma_e^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de observações e σ_e^2 a variância residual da característica.

Na análise multicaracter, a matriz G é dada por $G_0 \otimes A$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e G_0 a matriz de (co)variância genética aditiva, como segue:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{a1} & \sigma_{a1a2} & \sigma_{a1a3} \\ \sigma_{a2a1} & \sigma^2_{a2} & \sigma_{a2a3} \\ \sigma_{a3a1} & \sigma_{a3a2} & \sigma^2_{a3} \end{bmatrix}$$

A matriz P é dada por $P_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e P_0 a matriz de (co)variâncias de efeito permanente de ambiente entre as características, como segue:

$$P_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{p1} & \sigma_{p1p2} & \sigma_{p1p3} \\ \sigma_{p2p1} & \sigma^2_{p2} & \sigma_{p2p3} \\ \sigma_{p3p1} & \sigma_{p3p2} & \sigma^2_{p3} \end{bmatrix}$$

A matriz C é dada por $C_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de ordens de coleta e C_0 a matriz de (co)variâncias de efeito de ordem de coleta, como segue:

$$C_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{c1} & \sigma_{c1c2} & \sigma_{c1c3} \\ \sigma_{c2c1} & \sigma^2_{c2} & \sigma_{c2c3} \\ \sigma_{c3c1} & \sigma_{c3c2} & \sigma^2_{c3} \end{bmatrix}$$

A matriz R é dada por $R_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e R_0 a matriz de (co)variâncias residuais entre as características, como segue:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{e1} & \sigma_{e1e2} & \sigma_{e1e3} \\ \sigma_{e2e1} & \sigma^2_{e2} & \sigma_{e2e3} \\ \sigma_{e3e1} & \sigma_{e3e2} & \sigma^2_{e3} \end{bmatrix}$$

Nas análises unicaracter, para os componentes de variância genética aditiva, permanente de ambiente, de ordem de coleta e residual foi considerado que σ_a^2 , σ_p^2 , σ_c^2 e σ_e^2 possuem distribuição de Gama Invertida (GI). Nas análises multicaracter, para os componentes de (co)variância genética aditiva, permanente de ambiente, de ordem de coleta e residual foi considerado que G , P , C e R possuem distribuição de Wishart Invertida (IW).

Foram geradas cadeias de Gibbs e o monitoramento da convergência das cadeias foi feita por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger e Welch

disponíveis no CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementado no sistema computacional R (2009).

Para as análises unicaracter e tricaracter foram geradas cadeias de Gibbs de 1.000.000 e 3.000.000 de iterações, respectivamente, com descarte inicial de 100.000 iterações e intervalo de amostragem a cada 50 iterações.

Foram construídos os intervalos de credibilidade (IC) e região de alta densidade (RAD) para todos os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos estimados, ao nível de 90%. Segundo Casella & George (1992), o IC pode ser definido pela RAD posterior do parâmetro quando a distribuição for simétrica. A RAD é a região que contém $(1 - \alpha)100\%$ da probabilidade posterior, em que α é o nível de significância.

Resultados e Discussão

A média para os parâmetros de produção de geleia real para porcentagem de aceitação foram iguais a 52,13%, para produção de geleia por colônia, 6,26 g, e para produção de geleia por cúpula de 190,07 mg.

Com abelhas africanizadas os valores estão dentro dos encontrados na literatura que variaram de 23,98 a 62,58%, para porcentagem de aceitação de larvas, de 1,68 a 6,65 g para geleia produzida por colônia e de 119,93 a 241,75 mg para geleia produzida por cúpula (Levy et al., 1993; Perlin, 1999; Toledo & Mouro, 2005; Ballesteros & Vásquez, 2007; Faquinello, 2007; Toledo et al., 2010) em colônias recria e mini-recria com número de cúpulas variando de 30 a 100.

Houve indicação de convergência para as cadeias por meio da utilização dos testes de diagnóstico.

Na Tabela 1, estão apresentadas as estimativas de variância genética aditiva, residual, fenotípica, permanente de ambiente e de ordem de coleta, herdabilidade, participação de efeito permanente e de ordem de coleta, em análise unicaracter, para as características de produção de geleia real em abelhas africanizadas.

De maneira geral as estimativas foram precisas, com distribuição posterior simétrica e intervalos de credibilidade com pouca amplitude, como pode se observar na Tabela 1. As estimativas de herdabilidade em análise unicaracter foram de baixa magnitude e iguais a

0,01; 0,06 e 0,08 para porcentagem de aceitação, para produção de geleia por colônia e por cúpula, respectivamente (Tabela 1). Assim a expressão das características observadas pode ser modificada por fatores externos que atuam sobre os indivíduos.

Tabela 1 – Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2) e residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2), participação de efeito permanente (p^2) e ordem de coleta (c^2) e herdabilidade (h^2) com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise unicaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes	Porcentagem de Aceitação	Produção por Colônia	Produção por Cúpula
σ_a^2	5,39	0,83	0,22
	(0,82 – 13,83)*	(0,44 – 1,22)	(0,18 – 0,29)
	(1,33 – 13,93)**	(0,52 – 1,25)	(0,18 – 0,27)
σ_y^2	433,25	14,80	2,84
	(381,02 – 477,94)	(12,64 – 17,44)	(1,65 – 4,40)
	(392,86 – 479,93)	(12,90 – 17,66)	(1,93 – 4,49)
σ_e^2	277,39	8,66	0,04
	(254,86 – 299,89)	(7,99 – 9,23)	(0,04 – 0,05)
	(260,02 – 295,06)	(8,12 – 9,29)	(0,04 – 0,05)
σ_p^2	118,80	1,83	0,34
	(81,21 – 154,57)	(1,10 – 2,47)	(0,25 – 0,41)
	(85,06 – 160,02)	(1,27 – 2,52)	(0,27 – 0,41)
σ_c^2	31,69	3,47	2,23
	(10,59 – 60,11)	(1,50 – 5,98)	(0,96 – 3,76)
	(15,48 – 60,33)	(1,87 – 6,08)	(1,32 – 3,78)
p^2	0,27	0,12	0,13
	(0,20 – 0,36)	(0,08 – 0,18)	(0,09 – 0,14)
	(0,20 – 0,37)	(0,09 – 0,18)	(0,09 – 0,14)
c^2	0,07	0,23	0,77
	(0,02 – 0,14)	(0,11 – 0,43)	(0,34 – 1,32)
	(0,04 – 0,14)	(0,13 – 0,44)	(0,46 – 1,32)
h^2	0,01	0,06	0,08
	(0,001 – 0,03)	(0,03 – 0,08)	(0,04 – 0,12)
	(0,003 – 0,03)	(0,03 – 0,09)	(0,05 – 0,13)

* Intervalos de credibilidade ao nível de 90%

** Região de alta densidade ao nível de 90%

A participação de efeito permanente de ambiente foi moderada de 0,27; 0,12 e 0,13, para porcentagem de aceitação, produção de geleia por colônia e por cúpula, respectivamente. Assim, a contribuição do ambiente interno que a rainha exerce na organização da colônia, produção de feromônios que garante a comunicação do grupo e

pela postura de ovos, reflete na resposta materna para as características de produção expressadas pela colônia (Free, 1987; Bienefeld & Pirchner, 1990; Moritz et al., 2001; Apdegaité, 2003; Bienefeld et al., 2007; Richard et al., 2007).

Na Tabela 2, são apresentadas as estimativas de (co) variância genética aditiva, fenotípica e residual em análise tricaracter.

Tabela 2 – Estimativas de (co) variância genética aditiva, fenotípica e residual com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes*	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
σ_{a1}^2	1,65	0,17 – 4,72	0,38 – 4,69
σ_{a1a2}	0,23	-0,24 – 0,92	-0,08 – 0,84
σ_{a1a3}	0,002	-0,02 – 0,02	-0,01 – 0,02
σ_{a2}^2	0,14	0,02 – 0,35	0,04 – 0,35
σ_{a2a3}	0,003	-0,002 – 0,01	-0,001 – 0,01
σ_{a3}^2	0,001	0,0002 – 0,001	0,0003 – 0,001
σ_{y1}^2	438,24	387,03 – 490,94	397,85 – 485,86
σ_{y1y2}	44,59	38,55 – 50,57	39,81 – 49,92
σ_{y1y3}	-0,07	-0,56 – 0,39	-0,47 – 0,31
σ_{y2}^2	11,22	10,23 – 12,26	10,42 – 12,12
σ_{y2y3}	0,18	0,11 – 0,26	0,13 – 0,25
σ_{y3}^2	0,07	0,04 – 0,11	0,04 – 0,11
σ_{e1}^2	277,01	255,26 – 297,71	259,60 – 295,17
σ_{e1e2}	33,44	30,23 – 36,69	30,78 – 36,21
σ_{e1e3}	0,02	-0,30 – 0,34	-0,24 – 0,29
σ_{e2}^2	8,77	8,09 – 9,43	8,22 – 9,35
σ_{e2e3}	0,16	0,10 – 0,22	0,11 – 0,21
σ_{e3}^2	0,06	0,03 – 0,10	0,03 – 0,09

*Para todas as estimativas, *a* representa o efeito genético aditivo, *y* fenotípico, *e* residual; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente. As variâncias são caracterizadas por *a*, *y* ou *e* com o mesmo índice, o restante caracteriza as covariâncias

Para a maior parte das estimativas obtidas em análise tricaracter, os intervalos de credibilidade foram amplos, caracterizando estimativas pouco precisas, porém com

distribuições posteriores simétricas e regiões de alta densidade (RAD) iguais ou muito próximas aos intervalos de credibilidade.

As estimativas de variância genética obtidas em análise tricaracter (Tabela 2) foram iguais a 1,65; 0,14 e 0,001, para porcentagem de aceitação, produção de geleia por colônia e por cúpula, respectivamente, sendo esses valores menores do que os encontrados em análise unicaracter de 5,39; 0,83 e 0,22, respectivamente (Tabela 1). Assim, a análise unicaracter, por ter apresentado um IC e RAD menos amplos, resgatou melhor a proporção da estimativa da variação genética que a análise tricaracter.

Os valores de variância fenotípica e residual, em análise unicaracter e tricaracter, para aceitação de larvas e produção de geleia por colônia, bem como os valores de variância residual para produção de geleia por cúpula, foram similares. Por outro lado os valores de variância fenotípica para produção de geleia por cúpula em análise unicaracter foram superiores (2,84) do que os obtidos em análise tricaracter (0,07). Os resultados indicam que o sistema e o manejo exercem uma grande influência nessas características (Tabela 1 e 2).

Faquinello (2007), avaliando o sistema de mini-recria em análise unicaracter, encontrou valores superiores de variância genética e residual para porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia de 104,40 e 3,20 e de 295,15 e 27,71, respectivamente. Já os valores de variância fenotípica foram inferiores aos encontrados nesse trabalho de 54,21 e 2,29, bem como os valores de variância genética, fenotípica e residual para produção de geleia por cúpula (0,10, 0,66 e 0,01, respectivamente). Essas comparações possibilitam a sugestão que a inclusão das informações de produção do sistema de recria promoveu uma maior variância fenotípica, o que ocasionou uma diminuição nos valores de herdabilidade das características no presente trabalho.

As estimativas dos componentes de (co) variância permanente de ambiente e de ordem de coleta e participação de efeito permanente e de ordem de coleta, obtidas em análise tricaracter estão apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

As estimativas dos componentes de variância permanente de ambiente e participação de efeito permanente de ambiente, de forma geral continuaram similares nas duas análises para aceitação de larvas e produção de geleia por colônia de 127,99 e 1,82; 0,26 e 0,16, respectivamente (Tabela 3 e 4). Da mesma forma estas estimativas continuaram indicando

valores baixos na análise tricaracter, para produção de geleia por cúpula (0,001 e 0,02) (Tabela 4).

Tabela 3 – Estimativa dos componentes de (co) variância permanente de ambiente e de ordem de coleta, com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes*	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
σ_{p1}^2	127,99	87,43 – 170,68	95,60 – 166,04
σ_{p1p2}	7,85	3,47 – 12,37	4,36 – 11,81
σ_{p1p3}	-0,03	-0,22 – 0,17	-0,19 – 0,13
σ_{p2}^2	1,82	1,17 – 2,53	1,29 – 2,43
σ_{p2p3}	0,03	0,01 – 0,05	0,01 – 0,05
σ_{p3}^2	0,001	0,001 – 0,002	0,001 – 0,002
σ_{c1}^2	31,59	11,76 – 59,24	15,62 – 57,56
σ_{c1c2}	3,07	0,67 – 6,16	1,22 – 6,01
σ_{c1c3}	-0,07	-0,38 – 0,22	-0,32 – 0,15
σ_{c2}^2	0,49	0,15 – 0,96	0,22 – 0,94
σ_{c2c3}	-0,004	-0,04 – 0,03	-0,03 – 0,02
σ_{c3}^2	0,01	0,004 – 0,02	0,005 – 0,01

*Para todas as estimativas, p representa o efeito permanente de ambiente e c de ordem de coleta; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente. As variâncias são caracterizadas por p ou c , o restante caracteriza as covariâncias

Tabela 4 - Estimativas de participação de efeito permanente e de ordem de coleta, e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes*	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
p_1^2	0,26	0,17 – 0,34	0,19 – 0,33
p_2^2	0,16	0,10 – 0,22	0,11 – 0,21
p_3^2	0,02	0,01 – 0,03	0,01 – 0,03
c_1^2	0,06	0,02 – 0,12	0,03 – 0,11
c_2^2	0,04	0,01 – 0,08	0,02 – 0,08
c_3^2	0,12	0,05 – 0,21	0,06 – 0,20

*Para todas as estimativas, p^2 participação de efeito permanente e c^2 de ordem de coleta; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente

Na Tabela 5, estão apresentadas as estimativas dos valores de herdabilidade, correlações genéticas e fenotípicas em análise tricaracter.

Tabela 5 - Estimativas de herdabilidade (h^2), correlações genéticas (rg) e fenotípicas (ry) e respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade ao nível de 90%, em análise tricaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes*	Estimativas	Intervalo de credibilidade	Região de alta densidade
h^2_1	0,004	0,0004 – 0,01	0,001 – 0,01
h^2_2	0,01	0,002 – 0,03	0,004 – 0,03
h^2_3	0,01	0,003 – 0,02	0,004 – 0,02
$rg_{1,2}$	0,42	-0,28 – 0,96	-0,27 – 0,88
$rg_{1,3}$	0,06	-0,50 – 0,58	-0,42 – 0,52
$rg_{2,3}$	0,29	-0,20 – 0,73	-0,15 – 0,66
$ry_{1,2}$	0,64	0,59 – 0,68	0,60 – 0,67
$ry_{1,3}$	-0,01	-0,10 – 0,07	-0,09 – 0,06
$ry_{2,3}$	0,21	0,14 – 0,28	0,15 – 0,27

*Para todas as estimativas de herdabilidade são representadas por h^2 , correlações genéticas e fenotípicas por rg e ry , respectivamente; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente.

As estimativas de herdabilidades em análise tricaracter (Tabela 5) também foram baixas e inferiores às obtidas em análise unicaracter (Tabela 1).

Faquinello (2007) encontrou valores superiores de herdabilidade para as mesmas características de produção de geleia real em sistema de mini-recria em análise unicaracter de 0,10 a 0,56.

Brandeburgo et al. (1989) citam que baixas herdabilidades estão relacionadas com adaptação e reprodução, o que pode ser o caso da característica em estudo neste trabalho. Os mesmos autores obtiveram valores baixos de herdabilidade de 0,02 a 0,05 para comportamento defensivo; 0,14 para área de cria e de 0,09 para área com mel.

As correlações genéticas foram positivas e apresentaram valores de moderado a alto de 0,29 e 0,42 entre a produção de geleia por colônia e cúpula, e entre a porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia, respectivamente. Já a correlação genética entre porcentagem de aceitação e produção de geleia por cúpula obteve valores baixos de 0,06 (Tabela 5).

Jianke (2000) refere-se a quantidade de geleia real depositada por cúpula sendo inversa ao número de cúpulas aceitas. Assim, quando a porcentagem de aceitação de cúpulas é pequena, pode ocorrer um aumento significativo na produção de geleia real total da colônia. Neste trabalho os valores baixos de correlação genética entre a porcentagem de aceitação e a produção de geleia por cúpula corroboram com as conclusões deste autor.

A correlação fenotípica entre porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia foi 0,64, que é superior ao encontrado para a correlação genética de 0,42. Apesar de a correlação genética ser moderada, o ambiente exerceu grande influência sobre estas características. Já entre as características porcentagem de aceitação e entre produção de geleia por cúpula e entre produção de geleia por colônia e por cúpula os valores da correlação genética foram superiores aos fenotípicos

Os valores de correlação genética encontrados em diversas características em abelhas variaram de -0,06 a 0,75 em características de comportamento higiênico, cria perfurada, taxa de remoção do ácaro *Varroa destructor*, defensividade, produção de mel e cera (Bienefeld & Pirchner, 1991; Boecking et al., 2000; Costa-Maia, 2009).

A análise dos resultados obtidos demonstrou que a produção de geleia real sofre grande influência do ambiente externo, e possivelmente do ambiente interno, promovendo valores baixos de herdabilidade nas características em estudo.

Os resultados de correlação genética obtidos indicam que a seleção realizada para aumentar a produção de geleia real por colônia promoverá aumento na porcentagem de aceitação e produção de geleia por cúpula.

Conclusões

As características de porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula apresentaram baixos valores de herdabilidade.

Há indicativos de que a seleção realizada para aumentar a produção de geleia real por colônia promoverá aumento na porcentagem de aceitação e produção de geleia por cúpula.

Literatura Citada

- APDEGAITE, V. Peculiarities of the composition of pheromone components of instrumentally inseminated honeybee queens (*Apis mellifera carnica* Pollm.), **Acta Zoologica Lituanica**, v.13, n.3 p.342-347, 2003.
- BALLESTEROS, H.H.; VÁSQUEZ, R.E. Determinación de la producción de jalea real em colmenas de recría de diferentes dimensiones. **Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v.8, n.1, p.75-81, 2007.
- BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). **Apidologie**, v.21, p.175-183, 1990.
- BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Genetic correlations among several colony characters in the honey bee (Hymenoptera: Apidae) taking queen and worker effects into account. **Annals of Entomological Society of America**, v.84, n.3, p.324-331, 1991.
- 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.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LÔBO, 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.
- 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.
- CALDERONE, N.W.; FONDRK, M.K. Selection for high and low, colony weight gain in the honey bee, *Apis mellifera*, using selected queens and random males. **Apidologie**, v.22, p.49-60, 1991.
- CASELLA, G.; GEORGE, E. Explaining the Gibbs Sampler. **The American Statistical**, v.46, p.167-174, 1992.
- COBEY, S. The extraordinary honey bee mating and a simple field dissection of the spermatheca – Part 1. **American Bee Journal**, v.143, n.1, p.67-69, 2003.
- 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, 2009.
- DESEYN, J.; BILLEN, J. Age-dependent morphology and ultrastructure of the hypopharyngeal gland of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera, Apidae). **Apidologie**, v.36, p.49-57, 2005.
- DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v.39, p.435-436, 1899.

- FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geléia real**. 2007. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- FREE, J.B. **Pheromones of social bees**. Chapman and Hall, London, 1987. 218pp.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.1, p.17-22, 2005.
- JIANKE, L. Technology for royal jelly production. **American Bee Journal**, v.140, n.6. p.469-472. 2000.
- JIANKE, L.; SHENGLU, C.; BOXIONG, Z. et al. The optimal way of royal jelly production. **American Bee Journal**, v.143, n.3, p.221-223, 2003.
- JIANKE, L. AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v.145, n.8, p.661-664, 2005.
- LEVY, P.S.; SILVA, R. M.B.; PARANHOS, B.A.J. et al. Influência do tempo entre a transferência das larvas e a colheita sobre a produção de geléia real de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Boletim de Indústria Animal**, v.50, n.2, p.113-117, 1993.
- MANRIQUE, A.J.; SOARES, A.E.E.S. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para a melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Interciência**, v.27, n.6, p.312-316, 2002.
- MOURO, G.F.; TOLEDO, V.A.A. Evaluation of *Apis mellifera* Carniolan and Africanized honey bees in royal jelly production. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.47, n.3, p.469-476, 2004.
- MORITZ, R.F.A.; CREWE, R.M.; HEPBURN, H.R. Attraction and repellence of workers by the honeybee queen (*Apis mellifera* L.). **Ethology**, v.107, p.465-477, 2001.
- PERLIN, T.A. Valor nutricional de farinha de soja e mel, farinha láctea e açúcar em colméias de abelhas (*Apis mellifera*) na produção de geleia real. **Ciencia Rural**, v.29, n.2 p.345-347, 1999.
- R Development Core Team (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RICHARD, F.J.; TARPY, D.R.; GROZINGER, C.M. Effects of insemination quantify on honey bee queen physiology. **Plos One**, p.1-9, 2007.
- RINDERER, T.E. Selection. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 2008, pp.305-319.
- SOUTHWICK, E.E. Genotypic components of foraging behavior. **American Bee Journal**, v.134, n.9, p.609-610, 1994.
- SUWANNAPONG, G.; SEANBUALUANG, P.; WONGSIRL, S. A histochemical study of the hypopharangeal glands of the dwarf honey bees *Apis andreniformis* and *Apis florea*. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v.46, n.4, p.260-263, 2007.

- 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.; MOURO, G.F. Produção de geléia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- TOLEDO, V.A.A.; NEVES, C.A; ALVES, E.M.; et al. Produção de geléia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.93-100, 2010.
- VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply gibbs sampling to animal models for variance component estimation.** (DRAFT) Lincon: Departament of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.
- XIANMIN, L.; JIANKE, L.; CANGQIANG, C. Factors affecting royal jelly production. **American Bee Journal**, v.143, n.12, p.969-972, 2003.
- WEGENER, J.; LORENZ, M.W.; BIENEFELD, K. Physiological consequences of prolonged nursing in the honey bee. **Insectes Sociaux**, v.56, p.85-93, 2009.
- 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.

V - Heterogeneidade de Variâncias para Produção de Geleia Real em Abelhas *Apis mellifera* Africanizadas

RESUMO – O objetivo deste estudo foi verificar a existência da heterogeneidade de variâncias para produção de geleia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas, entre os sistemas de recria e mini-recria. Vinte rainhas matrizes fecundadas foram doadas por apicultores, como fornecedoras de larvas para produção e avaliação de rainhas filhas, pela produção de geleia real de suas operárias. Foi avaliada a porcentagem de aceitação de larvas transferidas (%), produção de geleia real por colônia (g) e por cúpula (mg). Os dados foram analisados utilizando abordagem Bayesiana por meio de análise bicaracter, supondo-se a existência de heterogeneidade de variâncias considerando as características de produção de geleia real sendo distintas em cada sistema, e calculada a probabilidade de coincidência entre as distribuições “a posteriori” das variâncias. As médias para os parâmetros de produção foram de 45,59 e 61,63% para porcentagem de aceitação, 7,56 e 4,33 g para produção de geleia por colônia e de 171,92 e 217,25 mg para produção de geleia por cúpula em recria e mini-recria. As estimativas de herdabilidade foram de 0,02; 0,03 e 0,04 para recria, de 0,18; 0,17 e 0,05 em mini-recria, para porcentagem de aceitação, produção de geleia por colônia e por cúpula, respectivamente. A mini-recria possuiu maior variância de efeito permanente, e a recria maior variância de ordem de coleta. Pela diferença entre as médias posteriores observou-se que a porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia apresentaram heterogeneidade para as variâncias genéticas, fenotípicas e residuais, devendo os sistemas ser analisados separadamente. Já a produção de geleia por cúpula apresentou variâncias homogêneas não sendo motivo de preocupação na avaliação genética.

Palavras-chave: heterocedasticidade, inferência Bayesiana, componentes de variância, melhoramento de abelhas

V – Variance Heterogeneity for Royal Jelly Production of Africanized Honeybees

ABSTRACT - The objective of this study was to verify the existence of variances heterogeneity for royal jelly production of Africanized honeybees between hive and mini-hive system. Twenty fertilized queens, donated by beekeepers to produce daughters have been evaluated by their royal jelly production of their workers, the acceptance percentage of transferred larvae (%), royal jelly production per colony (g) and per cup (mg). Data were analyzed using Bayesian approach via the bicharacter analysis, assuming the existence of variance heterogeneity considering that the characteristics of royal jelly production is different in each system, and calculating the probability of coincidence between the distributions a posteriori of variances. Averages for the production parameters were 45.59 and 61.63% for percentage of acceptance, 7.56 and 4.33 g for jelly production per colony and 171.92 and 217.25 mg for per cup in hive and mini-hive system, respectively. Heritability estimates were 0.02, 0.03 and 0.04 for hive, 0.18, 0.17 and 0.05 in mini-hive, for acceptance percentage, jelly production per colony and per cup, respectively. The mini-hive had a higher variance of permanent effect, and the hive the largest variance of the collection order. The difference between the posteriori averages showed that the percentage of acceptance and jelly production per colony showed variances heterogeneity, genetic, phenotypic and residual systems should be analyzed separately. The royal jelly production per cup showed variances homogeneity but was not a concern in genetic evaluation.

Key-word: heterocedasticity, Bayesian inference, variance components, bee breeding

Introdução

A correta avaliação genética dos animais depende da eliminação de diferenças não genéticas, resultando em maior progresso genético na população. Para tanto, em situações em que o conjunto de dados de animais provenientes de diferentes condições de manejo, uma vez que possuem variâncias genéticas e ambientais distintas. A avaliação genética deve ser realizada sob a pressuposição de heterogeneidade.

A literatura aborda os efeitos da heterogeneidade em análises para avaliações genéticas em outras espécies animais. Os efeitos da violação dessa pressuposição em análises para abelhas não são encontrados.

Em abelhas, como o sistema de produção utilizado, sendo ele recria ou mini-recria, pode fornecer diferentes respostas ambientais internas às colônias, sugerindo que a classificação dos animais, baseada nos valores genéticos preditos para cada ambiente, pode não ser a mesma (Stanton et al., 1991).

Segundo Martins (2002), há três situações de ocorrência de heterogeneidade de variância, podendo ser residual, genética, ou genética e residual. Assim, se a heterogeneidade for desconsiderada, animais criados em ambientes com maior variância residual terão seus dados supervalorizados no processo de avaliação genética, e animais criados em ambientes com maior variância genética terão seus dados subvalorizados.

Esse viés na identificação dos animais geneticamente superiores mascara a avaliação genética, com perda na resposta de seleção (Gianola et al., 1992; Carvalheiro et al., 2000; Torres et al., 2000; Marion et al., 2001; Teixeira et al., 2002). Segundo Van Vleck (1987), se as (co) variâncias genéticas e residuais fossem conhecidas em cada população ou ambiente, a seleção poderia ser usada para animais na população ou ambiente específico.

Se a causa da heterogeneidade for a interação genótipo - ambiente, então as diferenças na capacidade adaptativa alteram o desempenho dos animais e, por conseguinte, o mérito relativo de seus genótipos, de acordo com o ambiente no qual estão sendo criados. Dependendo da magnitude da diferença entre os ambientes, essa interação pode reduzir a efetividade dos procedimentos de avaliação e seleção, por alterar a classificação dos animais.

Assumindo que diferenças genéticas aditivas são causadoras de parte das diferenças em variação entre os sistemas, este estudo objetivou verificar o efeito da heterogeneidade de variância das características de produção de geleia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas entre o sistema de recria e mini-recria.

Material e Métodos

O trabalho foi inicialmente realizado junto a um grupo de sete apicultores, interessados em participar do programa de melhoramento genético, que possuem apiários no Estado do Paraná, nas cidades de Porto Rico, Uniflor, Campo Mourão, Mandaguari, Maringá e no Estado de São Paulo, em Junqueirópolis. Esses apicultores doaram ao todo 20 rainhas, fecundadas naturalmente ao ar, de colônias já estabelecidas e nenhum apresentou histórico de produção das colônias orfanadas. No ano de 2005 deu-se início ao programa de melhoramento genético para produção de geleia real.

As rainhas matrizes estavam alojadas em colmeias modelo Langstroth na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM). Estas colônias receberam alimentação e manejo permanente, além do controle periódico das rainhas e do desenvolvimento da colônia. Para execução desse trabalho as rainhas matrizes foram utilizadas como fornecedoras de larvas para produção de rainhas filhas.

Produção de rainhas

As rainhas filhas foram produzidas no período de janeiro a dezembro de 2006 e outubro de 2007 a outubro de 2008, totalizando dois anos, utilizando o método descrito por Doolittle (1899), que consiste na transferência de larvas de sua célula de origem, em um favo de larvas de operária, para cúpulas artificiais de acrílico contendo geleia real.

Foi utilizado o sistema de mini-recrias como colônias iniciadoras/terminadoras, compostas por dois núcleos sobrepostos, possuindo no inferior cinco favos e no superior quatro favos mais um sarrafo de transferência, separados por uma tela excludora de rainha. O sarrafo de transferência consistia de dois sarrafos transversais removíveis para fixação de 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 localizadas no sarrafo de cima e 14 no sarrafo de baixo.

No momento da transferência para produção de rainhas foi colocada uma gota de geleia real diluída em água destilada (1:1) em cada cúpula e a larva, com até um dia de

eclosão, foi transferida com auxílio de um estilete metálico. A genealogia das larvas de todas as matrizes foi identificada nos sarrafos com uma caneta esferográfica e distribuída aleatoriamente nas 28 cúpulas.

A cada 10 dias, até o fim da produção de rainhas, foi adotado manejo nas colônias mini-recrias que consistiu na substituição de dois a três favos com cria operculada do núcleo inferior para o superior, garantindo assim espaço para postura da rainha e quantidade de nutrizes destinadas ao cuidado e alimentação das larvas transferidas.

A idade das larvas utilizadas na transferência para produção de rainhas foi de até um dia de eclosão, sendo a retirada das realeiras marcada para 10 dias após a transferência.

Ao décimo dia, as realeiras eram dispostas verticalmente em frascos de vidro de 20 mL, identificado de acordo com a genealogia da rainha e alimento tipo cândi. Em seguida, os frascos com as realeiras eram levados à estufa própria de criação de rainhas com temperatura média de 34°C e umidade relativa de 60%.

As rainhas recém-emergidas eram identificadas, acondicionadas em uma gaiola de rainha contendo cândi e levada ao banco de rainhas até a sua introdução nas colônias recria ou mini-recria visando a produção de geleia real.

As colônias produtoras de geleia real foram orfanadas 24-72 horas antes da introdução da nova rainha. No momento da introdução, os favos eram inspecionados quanto à presença de realeiras formadas pela falta da antiga rainha, e destruídas. Foi selecionada a filha mais pesada de cada matriz e introduzida em gaiola modelo JZBZ, disposta verticalmente entre os favos de cria. Por volta de dois dias a rainha era libertada, após o consumo do cândi pelas operárias. Depois de liberta, caso não fosse aceita, uma nova rainha era reintroduzida até obter sucesso.

A longevidade de uma operária africanizada é de até 26,3 dias (Terada et al., 1975; Winston & Katz, 1981), assim, em aproximadamente 50 dias todas as abelhas presentes na colônia serão filhas da nova rainha. Em função disso, a produção de geleia real por colônia foi avaliada após 50 dias decorridos da introdução da nova rainha.

Produção de geleia real

Os sistemas de produção de geleia real avaliados neste trabalho foram o de recria e de mini-recria, sendo o sistema de recria composto por dois ninhos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha. No ninho inferior da recria foram mantidos 10 favos e no

superior nove favos mais um sarrafo de transferência. Já o sistema de mini-recria consistia em dois núcleos sobrepostos, possuindo no inferior cinco favos e no superior quatro favos mais um sarrafo de transferência, separados por uma tela excludora de rainha.

Para o sistema de recria foi utilizado um quadro porta-cúpula, identificado, com 100 cúpulas de acrílico, sendo 33 no sarrafo de cima, 33 no sarrafo do meio e 34 no sarrafo de baixo. A mini-recria possuía um quadro porta-cúpula, com 30 cúpulas de acrílico, sendo 15 no sarrafo de cima e 15 no sarrafo de baixo.

Para a produção de geleia real o processo é semelhante ao de produção de rainhas, sendo que neste caso, a produção de geleia real é interrompida 64-72 horas após a transferência e a geleia real é coletada.

Para obtenção de larvas apropriadas, a transferência das larvas foi previamente programada, com a introdução de um favo vazio, quatro dias antes da transferência, no centro de diferentes colônias alojadas em ninhos ou núcleos. Assim, no momento da transferência, o favo possuía larvas recém-eclodidas com um dia de idade e/ou ovos. Após a transferência das larvas, os sarrafos de transferência eram cuidadosamente devolvidos a respectiva recria e/ou mini-recria.

A coleta da geleia real foi realizada até 68 horas após a transferência por uma bomba de vácuo mediante um motor elétrico, sem o contato manual com a geleia real. Cada coleta foi considerada em ordem crescente, que iniciava da primeira até a última coleta realizada, denominada neste caso de ordem de coleta.

Foram avaliadas a porcentagem de aceitação de larvas transferidas (%), produção de geleia real por colônia (recria ou mini-recria) (g) e por cúpula (mg). A geleia real coletada foi pesada em balança de precisão de 0,001 g, acondicionada em potes e congelada. Em seguida, os quadros porta-cúpulas eram devolvidos as respectivas colônias para limpeza pelas operárias e no dia seguinte nova transferência era realizada.

Em um período de avaliação da produção superior a 50 dias foram assumidos dois grupos de operárias diferentes por rainha, considerados como animais diferentes. O parentesco entre grupos é de super-irmãs, visto que a mesma rainha permaneceu durante o período de avaliação e os zangões eram desconhecidos.

A avaliação da rainha consistiu na transferência de larvas para produção de geleia real, realizada duas vezes por semana, e se estendeu pelo período de um a dois meses. Em seguida a rainha já avaliada foi substituída por outra e dar continuidade ao processo.

As características de produção avaliadas foram porcentagem de aceitação de larvas (%), produção de geleia real por colônia (g) e por cúpula (mg). Os dados de produção foram coletados de abril de 2006 a janeiro de 2007 e dezembro de 2008 a janeiro de 2009. O número de indivíduos avaliados foi de 20 mães, 62 filhas, 60 netas, 33 bisnetas e 18 tataranetas, sendo que todas foram representadas e totalizando 193 rainhas. Foram analisados os dados de produção de geleia real de 56 colônias em sistema de recria e 118 em mini-recria, totalizando 173 colônias avaliadas, sendo computados na matriz de parentesco 374 e 448 indivíduos, respectivamente, entre rainhas e operárias das colônias.

Análise dos dados

Os dados foram analisados supondo-se a existência de heterogeneidade de variâncias. Para considerar a heterogeneidade entre sistemas, foi realizada análise bicaracter, considerando as características porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e produção de geleia real por cúpula como características distintas em cada sistema.

O modelo animal utilizado incluiu os efeitos de época do ano, efeitos genéticos aditivos, efeito permanente de ambiente e efeito de ordem de coleta. Foi considerada como efeito fixo a época do ano.

O modelo animal utilizado foi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{1_1} & 0 \\ 0 & Z_{1_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{2_1} & 0 \\ 0 & Z_{2_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{3_1} & 0 \\ 0 & Z_{3_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_1 e y_2 são os vetores de observações das características de produção de geleia real, e os índices 1 e 2 correspondem aos sistemas de recria e mini-recria, respectivamente;

X_1 e X_2 são as matrizes de incidência dos efeitos de época do ano e sistema de produção, contidas nos vetores β_1 e β_2 , correspondentes ao sistema 1 e 2, respectivamente;

Z_{1_1} e Z_{1_2} são as matrizes de incidência dos efeitos genéticos aditivos, contidas nos vetores a_1 e a_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

Z_{2_1} e Z_{2_2} são as matrizes de incidência dos efeitos permanentes de ambiente, contidas nos vetores p_1 e p_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

Z_{3_1} e Z_{3_2} são as matrizes de incidência dos efeitos de ordem de coleta, contidas nos vetores pc_1 e pc_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

e_1 e e_2 , são os vetores dos erros aleatórios associados a cada observação.

Foram assumidas pressuposições de que os efeitos incluídos no modelo possuem distribuição plana e as matrizes de (co)variâncias distribuição de Wishart Invertida.

Admitiu-se que y , a , p , c e e apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue abaixo:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ p \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} XB \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V & Z_1G & Z_2P & Z_3C & R \\ GZ_1' & G & \phi & \phi & \phi \\ PZ_2' & \phi & P & \phi & \phi \\ CZ_3' & \phi & \phi & C & \phi \\ R & \phi & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

sendo:

$$V = Z_1GZ_1' + Z_2PZ_2' + Z_3CZ_3' + R$$

Na análise multicaracter, a matriz G é dada por $G_0 \otimes A$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e G_0 a matriz de (co)variância genética aditiva, como segue:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1}^2 & \sigma_{a_1a_2} \\ \sigma_{a_2a_1} & \sigma_{a_2}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz P é dada por $P_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e P_0 a matriz de (co)variâncias de efeito permanente de ambiente entre as características, como segue:

$$P_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{p_1}^2 & \sigma_{p_1p_2} \\ \sigma_{p_2p_1} & \sigma_{p_2}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz C é dada por $C_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de ordens de coleta e C_0 a matriz de (co)variâncias de efeito de ordem de coleta, como segue:

$$C_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{c1} & \sigma_{c1c2} \\ \sigma_{c2c1} & \sigma^2_{c2} \end{bmatrix}$$

A matriz R é dada por $R_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e R_0 a matriz de (co)variâncias residuais entre as características, como segue:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma^2_{e_1} & \sigma_{e_1e_2} \\ \sigma_{e_2e_1} & \sigma^2_{e_2} \end{bmatrix}$$

Nas análises bicaracter, para os componentes de (co)variância genética aditiva, permanente de ambiente, de ordem de coleta e residual foi considerado que G , P , C e R possuem distribuição de Wishart Invertida (IW).

A estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos, para todas as características analisadas, foi realizada utilizando abordagem Bayesiana, utilizando a partir do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*) desenvolvido por Van Tassel & Van Vleck (1995), que procede à estimação Bayesiana por meio da técnica de amostragem de Gibbs.

Foram geradas cadeias de 1.000.000 iterações, com um descarte de 100.000 iterações e um intervalo de amostragem a cada 50 iterações, totalizando 18.000 amostras.

O monitoramento da convergência das cadeias geradas pelo amostrador de Gibbs foi feito por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger & Welch, disponíveis no CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementado no sistema computacional R (2009).

Para testar a ocorrência de heterogeneidade de variâncias, foi avaliada a diferença entre as amostras dos componentes de variância de sistemas, para os componentes genético, fenotípico, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta. A decisão consistiu na avaliação dos valores resultantes e pelo estabelecimento do intervalo de credibilidade ao nível 90% de probabilidade, em que a inclusão do valor zero no do intervalo de credibilidade mostra que em algum momento as distribuições “a posteriori” foram iguais nos dois sistemas, mostrando que as variâncias são homogêneas.

Para a verificação da percentagem das médias “a posteriori” comuns aos diferentes sistemas entre si, com o objetivo de determinar a probabilidade das estimativas estarem no

mesmo intervalo. Foram realizadas as diferenças das características de produção entre os sistemas por meio da probabilidade de coincidência, ou semelhança, entre as distribuições “a posteriori” dos componentes de variâncias. A probabilidade de coincidência foi calculada tomando-se as amostras dos componentes de variância, em que foram construídas as distribuições “a posteriori” de cada um dos componentes, separadamente.

Resultados e Discussão

As médias para os parâmetros de produção de geleia real em recria e mini-recria foram de 45,59% e 61,63% para porcentagem de aceitação, 7,56 g e 4,33 g para produção de geleia por colônia e de 171,92 mg e 217,25 mg para produção de geleia por cúpula, respectivamente.

As estimativas dos componentes de variância genética aditiva, fenotípica, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta, de herdabilidade, e os respectivos intervalos de credibilidade e região de alta densidade são apresentados na Tabela 1.

Houve indicação de convergência para todas as cadeias, por meio da utilização dos testes de diagnóstico considerando as características de produção entre os dois sistemas.

Os valores das estimativas de variância genética aditiva, fenotípica e residual foram maiores para a característica porcentagem de aceitação em sistema de mini-recria, ao passo que o sistema de recria obteve valores superiores de variância fenotípica e residual para produção de geleia por colônia (Tabela 1). O menor ambiente em sistema de mini-recria promoveu maior variabilidade na característica porcentagem de aceitação. Já a recria teve maior variação na resposta fenotípica e residual, com maior produção de geleia por colônia, possivelmente em virtude do maior número de cúpulas deste sistema.

As estimativas de herdabilidade foram baixas (0,02 a 0,04) tanto para o sistema de recria, assim como para o sistema de mini-recria (0,05 a 0,18). Os resultados demonstram que a mini-recria por ser menor, conseguiu manter melhor as condições ambientais internas da colônia, e foi menos influenciada pelo ambiente externo, se comparada ao sistema de recria, concordando com os resultados obtidos por Durán (1991). Em função disso, foi possível identificar a alta variação genética.

Tabela 1 – Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2) e residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2) e herdabilidade (h^2) com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes	Porcentagem de Aceitação		Produção de Geleia por Colônia		Produção de Geleia por Cúpula	
	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria
σ_a^2	7,35	87,60	0,58	1,22	0,02	0,02
	(1,59 – 15,46)*	(16,80 – 167,76)	(0,22 – 1,00)	(0,47 – 2,00)	(0,015 – 0,03)	(0,02 – 0,03)
	(2,59 – 16,15)**	(26,37 – 169,97)	(0,30 – 1,01)	(0,62 – 2,05)	(0,017 – 0,03)	(0,02 – 0,03)
σ_y^2	343,94	478,55	16,33	7,20	0,55	0,51
	(288,72 – 405,69)	(415,26 – 529,43)	(13,51 – 18,62)	(5,99 – 8,38)	(0,34 – 0,81)	(0,27 – 0,80)
	(299,70 – 414,01)	(422,77 – 540,60)	(14,97 – 18,86)	(6,26 – 8,51)	(0,38 – 0,84)	(0,32 – 0,82)
σ_e^2	230,32	297,99	10,85	3,49	0,01	0,01
	(202,09 – 249,94)	(261,09 – 330,63)	(9,80 – 11,77)	(3,03 – 3,88)	(0,006 – 0,01)	(0,001 – 0,014)
	(207,86 – 252,71)	(268,84 – 336,28)	(9,98 – 11,91)	(3,13 – 3,92)	(0,007 – 0,01)	(0,001 – 0,014)
σ_p^2	25,44	89,16	2,56	1,29	0,09	0,03
	(8,20 – 42,45)	(16,05 – 171,53)	(1,29 – 3,88)	(0,48 – 2,11)	(0,06 – 0,14)	(0,02 – 0,03)
	(12,06 – 44,07)	(25,73 – 173,84)	(1,54 – 4,02)	(0,65 – 2,15)	(0,06 – 0,13)	(0,02 – 0,03)
σ_c^2	80,77	3,78	2,34	1,20	0,43	0,45
	(34,14 – 139,12)	(1,01 – 7,64)	(0,93 – 4,03)	(0,51 – 2,08)	(0,21 – 0,68)	(0,21 – 0,74)
	(44,74 – 142,17)	(1,62 – 7,67)	(1,26 – 4,10)	(0,64 – 2,14)	(0,26 – 0,70)	(0,26 – 0,76)
h^2	0,02	0,18	0,03	0,17	0,04	0,05
	(0,004 – 0,05)	(0,04 – 0,33)	(0,02 – 0,07)	(0,07 – 0,27)	(0,01 – 0,07)	(0,02 – 0,07)
	(0,007 – 0,05)	(0,06 – 0,34)	(0,03 – 0,07)	(0,09 – 0,28)	(0,02 – 0,06)	(0,03 – 0,08)

* Intervalos de credibilidade ao nível de 90%

** Região de alta densidade ao nível de 90%

Faquinello (2007) avaliando sistema de mini-recrã em análise unicaracter encontrou valores superiores de herdabilidade para porcentagem de aceitaçã e produçã de geleia por cúpula, de 0,23 e 0,56, respectivamente. Por outro lado, as estimativas de herdabilidade para produçã de geleia por colônia foram menores (0,10) que as encontradas no presente estudo (0,17). A diferençã nos valores encontrados pode ter sido referente as informações de produçã em sistema de recrã e de mini-recrã contidas neste estudo.

A variãncia de efeito permanente de ambiente para a característã porcentagem de aceitaçã foi alta e superior para o sistema de mini-recrã (89,16) (Tabela 1). Demonstrando assim que a rainha proporcionou uma maior variabilidade em sistema de mini-recrã, uma vez que o número de ovos é limitado pelo espaço disponível e o número de abelhas é inferior ao da recrã, promovendo assim uma maior concentraçã de feromônios da rainha e uma melhor comunicaçã entre ela e suas operárias (Moritz et al., 2001; Apdegaité, 2003; Bienefeld et al., 2007; Richard et al., 2007).

Ao contrário a recrã possuiu maior variãncia de ordem de coleta (80,77) comparada a mini-recrã. Esse resultado pode ter ocorrido em razã da maior quantidade de cúpulas avaliadas no sistema de recrã comparado a mini-recrã, de 100 e 30, respectivamente, gerando uma maior variabilidade.

Os intervalos de credibilidade de forma geral foram amplos para todas as estimativas. Caracterizando estimativas pouco precisas, porém com distribuições posteriores simétricas e regiões de alta densidade iguais ou muito próximas aos intervalos de credibilidade.

Os resultados da verificaçã da possível existêncã da heterogeneidade de variãncias estão demonstrados na Tabela 2.

Ao observar os intervalos de credibilidade, a regiã de alta densidade para as diferençãs entre os componentes de variãncia genética e permanente de ambiente de ordem de coleta verificou-se que houve interseçã entre os sistemas para a característã produçã de geleia por colônia e por cúpula, existindo neste caso homogeneidade de variãncias.

Os resultados observados na Tabela 2, demonstram que houve heterogeneidade de variãncia entre os sistemas para a porcentagem de aceitaçã, exceto para o componente de variãncia do efeito permanente. Além disso, houve diferençãs entre as estimativas de herdabilidade. Estes resultados podem conduzir à seleçã equivocada das rainhas.

Tabela 2 – Média da diferença dos componentes de variância genética aditiva, fenotípica, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta para características de produção de geleia real nos sistemas de recria e mini-recria e intervalos de credibilidade e região de alta densidade, obtidos em abelhas africanizadas

Componentes*	Média da Diferença	Intervalo de Credibilidade	Região de Alta Densidade
σ_{a1}^2	-80,35	-160,44 – -11,19	-157,38 – -21,48
σ_{y1}^2	-134,63	-228,79 – -37,10	-212,29 – -53,28
σ_{e1}^2	-67,52	-109,73 – -22,37	-105,02 – -31,86
σ_{p1}^2	-63,83	-151,93 – 13,32	-145,86 – 0,63
σ_{c1}^2	77,07	29,59 – 138,03	39,95 – 135,15
h^2	-0,16	-0,32 – -0,02	-0,31 – -0,02
σ_{a2}^2	-0,65	-1,58 – 0,19	-1,44 – 0,02
σ_{y2}^2	9,11	6,30 – 11,95	6,93 – 11,61
σ_{e2}^2	7,36	6,23 – 8,53	6,41 – 8,34
σ_{p2}^2	1,26	-0,31 – 3,03	-0,03 – 2,74
σ_{c2}^2	1,15	-0,71 – 3,26	-0,25 – 2,94
h^2	-0,13	-0,24 – -0,03	-0,23 – -0,05
σ_{a3}^2	0,001	-0,01 – 0,01	-0,01 – 0,01
σ_{y3}^2	0,04	-0,40 – 0,45	-0,30 – 0,37
σ_{e3}^2	-0,006	-0,01 – -0,004	-0,01 – -0,004
σ_{p3}^2	0,07	0,03 – 0,11	0,04 – 0,11
σ_{c3}^2	-0,02	-0,45 – 0,40	-0,36 – 0,30
h^2	-0,004	-0,04 – 0,03	-0,04 – 0,03

*Para todas as estimativas, *a* representa o efeito genético aditivo, *y* fenotípico, *e* residual, *p* permanente de ambiente e *c* e de ordem de coleta; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente.

Com a inclusão do valor zero no intervalo de credibilidade (-1,58 a 0,19) da característica produção de geleia por colônia mostrou assim, homogeneidade para a variância genética. Apesar disso ocorreu heterogeneidade para a variância fenotípica e consequentemente da herdabilidade (Tabela 2). Neste caso o sistema mini-recria apresentou maior herdabilidade para as característica produção de geleia por colônia, sendo este um fator desejável de seleção.

Em situação de sistema com maior herdabilidade, porém baixa variabilidade, pode

ocorrer um viés nas avaliações genéticas e, conseqüentemente, seleção incorreta dos animais, uma vez que animais tendem a ser selecionados dos grupos mais variáveis, especialmente se a seleção for intensa.

Observa-se que os sistemas apresentaram simultaneamente variâncias genéticas, fenotípicas, de ordem de coleta e herdabilidade homogêneas para produção de geleia por cúpula, devendo ser agrupadas como um único nível de heterogeneidade.

Por outro lado, constata-se a ocorrência de heterogeneidade de variância residual para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, nos dois sistemas avaliados (Tabela 2). Esta heterogeneidade demonstra mais uma vez as diferenças de ambiente encontradas entre os dois sistemas. Neste caso, se a heterogeneidade for desconsiderada, animais criados em ambientes com maior variância residual teriam seus dados supervalorizados no processo de avaliação, visto que os dados corrigidos têm em sua composição menor contribuição genética do que a ponderação que lhe estaria sendo aplicada e o inverso iria acontecer com a desconsideração da heterogeneidade de variância genética (Martins, 2002).

A heterogeneidade de variância residual, segundo Martins (2002), pode ocorrer em razão das diferenças de padronização de manejo ou na precisão de coleta de dados. A padronização de manejo neste caso é difícil, visto que os sistemas, além de possuírem diferentes números de cúpulas, possuem diferença no espaço interno disponível, promovendo assim grande diferença populacional, causando diferentes impactos em cada sistema.

Na Tabela 3, encontra-se o número de amostras posteriores em comum e probabilidade dessas diferenças serem maiores ou menores que zero.

A probabilidade da variância genética para a produção de geleia real por colônia e por cúpula foi de 99,50 e 99,99%, respectivamente, enquanto foi de apenas 19,71% para a característica porcentagem de aceitação (Tabela 3). Estes resultados demonstram a ocorrência de heterogeneidade de variância para a porcentagem de aceitação mostrada na Tabela 2.

Quanto ao componente de variância fenotípica observou-se que houve inclusão do valor zero no IC apenas para a produção de geleia por cúpula (Tabela 2), corroborando mais uma vez com os resultados para probabilidade de coincidência dos dados de 99,79%.

Já a probabilidade de coincidência para a variância fenotípica foi baixa de 57,99 e 0,42% para porcentagem de aceitação e produção de geleia real por colônia (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de amostras em comum e probabilidade de coincidência das diferenças dos valores amostrais, entre os dois sistemas para os componentes de variância genética aditiva, fenotípica, residual, permanente de ambiente e de ordem de coleta, obtidos em abelhas africanizadas

Componentes*	Amostras em comum	Probabilidade (%)
σ_{a1}^2	7096	19,71
σ_{y1}^2	20875	57,99
σ_{e1}^2	20073	55,76
σ_{p1}^2	27251	75,71
σ_{c1}^2	152	0,42
h^2	16500	45,83
σ_{a2}^2	35821	99,50
σ_{y2}^2	151	0,42
σ_{e2}^2	0,00	0,00
σ_{p2}^2	34705	96,40
σ_{c2}^2	35697	99,16
h^2	16817	46,71
σ_{a3}^2	35998	99,99
σ_{y3}^2	35926	99,79
σ_{e3}^2	0,00	0,00
σ_{p3}^2	113	0,31
σ_{c3}^2	35997	99,99
h^2	36000	100,00

*Para todas as estimativas, *a* representa o efeito genético aditivo, *y* fenotípico, *e* residual, *p* permanente de ambiente e *c* de ordem de coleta; e, os índices 1, 2 e 3 para porcentagem de aceitação, produção de geleia real por colônia e por cúpula, respectivamente.

Da mesma forma como ocorreu na heterogeneidade (Tabela 2), detectou-se baixos valores de probabilidade de coincidência dos dados para as características de produção de geleia real considerando a variância residual, que variou de 0 a 55,76% (Tabela 3). Devendo assim, os sistemas serem avaliados separadamente para a produção de geleia real por colônia.

Observou-se que os sistemas avaliados não apresentaram simultaneamente variâncias genéticas, ambientais e residuais homogêneas, portanto a heterogeneidade deve ser considerada. Neste trabalho a origem da heterogeneidade de variância para a característica porcentagem de aceitação é tanto genética quanto residual. Isto pode estar ocorrendo em consequência de uma combinação das causas já citadas.

A extensão do problema da heterogeneidade de variâncias depende de sua origem Carvalheiro (2000), podendo ser em virtude da constituição genética, seleção ao longo das gerações, intensidade de seleção ou interação genótipo - ambiente (Martins, 2002). Quando esta é causada por fatores ambientais, então a avaliação genética do animal pode refletir mais o seu ambiente do que o potencial genético do mesmo (Vinson, 1987).

Os efeitos da heterogeneidade de variância sobre a resposta à seleção dependem das diferenças da variância genética entre as classes e de suas relações com as variâncias fenotípicas. Dessa forma, a seleção pela produção de geleia real, sem considerar a variabilidade dentro do sistema de produção, seria falha, pois, se a seleção for intensa, os grupos mais variáveis contribuiriam com a maior parte dos animais (Torres et al., 2000).

A não consideração da heterogeneidade de variâncias acarreta uma diminuição dos valores de herdabilidade e pode ocasionar alteração na classificação dos candidatos à seleção. Esta situação caracterizaria a interação genótipo - ambiente, em que existe grande diferença de ambiente e pequena diferença genética, revelando a situação em que um grupo de rainhas selecionadas a partir de um sistema poderia ser distribuído para outro ambiente totalmente distinto. Sendo necessário assim o estudo para verificar a possível interação genótipo - ambiente.

Por outro lado a produção de geleia por cúpula apresentou homogeneidade entre a maior parte dos componentes, devendo os sistemas serem agrupados em um único nível de heterogeneidade.

Conclusões

Observou-se que a porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia apresentou heterogeneidade para as variâncias genéticas, fenotípicas e residuais, devendo o sistema ser analisado separadamente.

A produção de geleia por cúpula apresentou homogeneidade de variâncias genética, fenotípica, ordem de coleta e para herdabilidade não sendo motivo de preocupação na avaliação genética.

Literatura Citada

- APDEGAITE, V. Peculiarities of the composition of pheromone components of instrumentally inseminated honeybee queens (*Apis mellifera carnica* Pollm.), **Acta Zoologica Lituanica**, v.13, n.3, p.342-347, 2003.
- CARVALHEIRO, R. **Flexibilizando a matriz R na predição de valores genéticos**. Jaboticabal, SP: FCAV, 2000. 107p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Estadual Paulista, 2000.
- DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v.39, p.435-436, 1899.
- DURÁN, J.E.T. **Estudo das variáveis ambientais e do ácaro *Varroa jacobsoni* na produção de geleia real em colméias de *Apis mellifera***. Jaboticabal : UNESP, 1991. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, 1991.
- FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geleia real**. 2007. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- GIANOLA, D.; FOULLEY, J.L.; FERNANDO, R.L. et al. Estimation of Heterogeneous Variances Using Empirical Bayes Methods: Theoretical Considerations. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2805-2823, 1992.
- GILLEY, D.C. Nest odour changes following queen loss in *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v.45, n.3, p.159-161, 2006.
- MARION, A.E.; RORATO, P.R.N.; FERREIRA, G.B. et al. Estudo da heterogeneidade de variâncias para as características produtivas de rebanhos da raça Holandesa no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1995-2001, 2001.
- MARTINS, E.N. Avaliação genética e heterogeneidade de variância. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife-PB. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002]. CD-ROM.
- MORITZ, R.F.A.; CREWE, R.M.; HEPBURN, H.R. Attraction and repellence of workers by the honeybee queen (*Apis mellifera* L.). **Ethology**, v.107, p.465-477, 2001.
- R Development Core Team (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RICHARD, F.J.; TARPY, D.R.; GROZINGER, C.M. Effects of insemination quantify on honey bee queen physiology. **Plos One**, p.1-9. 2007.

- STANTON, T.L.; BLAKE, R.W.; QUAAS, R.L. Genotype by environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, Mexico, and Puerto Rico. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.1700-1714, 1991.
- TEIXEIRA, N.M.; FREITAS, A.F.; FERREIRA, W.J. et al. Ajustamento para heterogeneidade de variância na produção de leite de vacas da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.369-375, 2002.
- 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.
- TORRES, R.A.; BERGMANN, J.A.G.; COSTA, C.N. et al. Heterogeneidade de variância e avaliação genética de bovinos da raça Holandesa no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1050-1059, 2000.
- VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply gibbs sampling to animal models for variance component estimation.** (DRAFT) Lincon: Department of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.
- VAN VLECK, L.D. Selection when traits have different genetic and phenotypic variances in different environments. **Journal of Dairy Science**, v.70, p.337-344. 1987.
- VINSON, W. Exponential bias in genetic evaluations from differences in variation within herds. **Journal of Dairy Science**. v.70, n.11, p.3033-3039, 1987.
- 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.

VI - Interação Genótipo - Ambiente para Produção de Geleia Real em Abelhas *Apis mellifera* Africanizadas em Sistema de Recria e Mini-Recria

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi verificar a ocorrência de interação genótipo - ambiente para as características de produção de geleia real em abelhas africanizadas, com filhas avaliadas em comum no sistema de recria e mini-recria. Vinte rainhas matrizes fecundadas foram doadas por apicultores, para produção de rainhas filhas, que tiveram a produção de geleia real de suas filhas operárias mensuradas nos dois ambientes. As características de produção analisadas foram: porcentagem de aceitação (%), produção de geleia real por colônia (g) e por cúpula (mg). Os dados foram submetidos à inferência Bayesiana, em análises unicaracter e bicaracter. A existência de interação genótipo - ambiente foi avaliada por meio das correlações genéticas entre os sistemas. Foram selecionadas as vinte rainhas filhas com melhor desempenho para cada característica de produção de geleia real para ocorrência de alteração na classificação nos dois sistemas. As médias para recria e mini-recria foram de 45,59 e 61,63% para porcentagem de aceitação, 7,56 e 4,33 g para produção de geleia por colônia e de 171,92 e 217,25 mg para produção de geleia por cúpula, respectivamente. As estimativas de herdabilidade em análise unicaracter e bicaracter foram superiores no sistema de mini-recria (0,10 a 0,21 e 0,05 a 0,18) comparado a recria (0,02 a 0,07 e 0,02 a 0,04). Os baixos valores de correlação genética e a alteração na classificação das rainhas filhas nos dois sistemas comprovam a existência de interação genótipo - ambiente. Portanto, o sistema de produção deve ser levado em consideração na escolha das rainhas selecionadas.

Palavras-chave: avaliação genética, inferência Bayesiana, correlação genética; herdabilidade, melhoramento de abelhas

VI - Genotype - Environment Interaction for Royal Jelly Production in Africanized Honeybees in Hive and Mini-Hive System

ABSTRACT - The objective of this study was to assess the occurrence of genotype - environment interaction for production traits of royal jelly in honeybees, with daughters evaluated together in the system hive and mini-hive system. Twenty fertilized queens donated by beekeepers to produce daughters' queens, had royal jelly production of their daughters workers measured in both environments. The production traits analyzed were: percentage of acceptance (%), royal jelly production per colony (g) and per cup (mg). The data were subjected to Bayesian inference in unicharacter and bicharacter analysis. The existence of genotype - environment interaction was assessed by means of genetic correlations between the systems. It was selected twenty queens daughters with better performance for each feature to produce royal jelly for the change occurrence in the classification in both systems. Averages for hive and mini hive were 45.59 and 61.63% for percentage of acceptance, 7.56 and 4.33 g for royal jelly production per colony and 171.92 and 217.25 mg for jelly jelly production per cup, respectively. Estimates of heritability by unicharacter and bicharacter analysis were higher in the mini hive system (0.10 of 0.21 and 0.05 to 0.18) compared to hive (0.02 to 0.07 and from 0.02 to 0, 04). The low values of genetic correlation and the change in the queens' daughters classification in two systems show the existence of genotype-environment interaction. Therefore, the production system must be taken into consideration in the choice of selected queens.

Key-word: genetic evaluation, Bayesian inference, genetic correlation, heritability, bee breeding

Introdução

Em um processo de avaliação genética, a expressão das características importantes é determinada por componentes genéticos, ambientais e pela interação entre eles. Assim, para um processo de seleção eficiente, é importante avaliar os animais em diversos ambientes, uma vez que genótipos superiores, em determinados ambientes, podem não se expressar da mesma forma em outros. Isso pode acontecer, por exemplo, com a produção de geleia real que pode ser diferente nos dois sistemas.

Falconer (1987) relata que uma característica, em ambientes diferentes, pode ser interpretada como sendo características diferentes, ou seja, a expressão do conjunto de genes de uma determinada característica pode variar, dependendo do ambiente.

Essa interação genótipo - ambiente pode provocar alterações nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais, resultando em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos, fenotípicos e na ordem de classificação dos genótipos, implicando em mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (Simonelli, 2004).

Garcia & Nogueira-Couto (2005) e Toledo et al. (2010) compararam a produção de geleia real com abelhas africanizadas associada a fatores ambientais. Os resultados indicaram que a aceitação das larvas transferidas foi influenciada pelo período de produção e pelos fatores ambientais, como temperatura máxima e umidade relativa do ar.

Outros fatores como o número de abelhas (Moretto et al., 2004; Jianke & Aiping, 2005), o número de cúpulas utilizadas e a posição, promovem mudanças no microclima da colmeia e dispersão do feromônio da rainha (Alber, 1965; Xianmin et al., 2003; Albarracín et al., 2006).

Para produção de geleia real, o sistema de produção utilizado, sendo ele recria ou mini-recria, pode fornecer diferentes respostas ambientais internas às colônias em razão das características próprias. Neste caso, segundo Stanton et al. (1991), a classificação dos animais baseada nos valores genéticos preditos para cada ambiente pode não ser a mesma.

Assim, visando uma melhor estruturação dos programas de melhoramento genético, o objetivo deste trabalho foi verificar a ocorrência de interação genótipo - ambiente para as características de produção de geleia real, em abelhas africanizadas, avaliadas em dois sistemas de produção: recria e mini-recria.

Material e Métodos

O trabalho foi inicialmente realizado junto a um grupo de sete apicultores, interessados em participar do programa de melhoramento genético, que possuem apiários no Estado do Paraná, nas cidades de Porto Rico, Uniflor, Campo Mourão, Mandaguari, Maringá e no Estado de São Paulo, em Junqueirópolis. Esses apicultores doaram ao todo 20 rainhas, fecundadas naturalmente ao ar, de colônias já estabelecidas e nenhum apresentou histórico de produção das colônias orfanadas. No ano de 2005, deu-se início ao programa de melhoramento genético para produção de geleia real.

As rainhas matrizes estavam alojadas em colmeias modelo Langstroth na Fazenda Experimental de Iguatemi da Universidade Estadual de Maringá (FEI/UEM). Estas colônias receberam alimentação e manejo permanente, além do controle periódico das rainhas e do desenvolvimento da colônia. Para execução desse trabalho as rainhas matrizes foram utilizadas como fornecedoras de larvas para produção de rainhas filhas.

Produção de rainhas

O ciclo de produção das rainhas filhas totalizou dois anos e foi realizado no período de janeiro a dezembro de 2006 e outubro de 2007 a outubro de 2008. Para produção de rainhas filhas foi retirado um favo com larvas de cada uma das colônias matrizes, foi identificada a sua genealogia, e levado ao Laboratório de Produção de Rainhas, com temperatura em torno de 34°C e umidade relativa de 60%. Todo o manuseio do favo foi realizado para garantir a qualidade das larvas até o momento da transferência.

O método utilizado para produção das filhas foi o descrito por Doolittle (1899), que consiste na transferência de larvas de sua célula de origem para cúpulas contendo geleia real.

Colônias mini-recrias, compostas por dois núcleos sobrepostos, separados por uma tela excludora de rainha, foram utilizadas como iniciadoras/terminadoras. O sarrafo de transferência possuía 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 no sarrafo de cima e 14 no de baixo.

A transferência das larvas foi realizada com auxílio de um estilete metálico, sendo transferida para uma cúpula artificial de acrílico contendo uma gota de geleia real diluída em água destilada (1:1). As larvas foram distribuídas aleatoriamente nas 28 cúpulas contida nos sarrafos e sua genealogia identificada nos mesmos.

A cada 10 dias, as colônias iniciadoras/terminadoras eram manejadas, com finalidade de garantir uma quantidade de abelhas nutrizes, além de espaço no núcleo inferior para a postura da rainha. O manejo consistiu na substituição de dois a três favos com cria do núcleo inferior para o superior.

A idade das larvas utilizadas para produção de rainhas foi de até um dia de idade, sendo assim, a retirada das realeiras ocorria 10 dias após a transferência.

Ao décimo dia, os quadros porta-cúpulas com as realeiras foram retirados das colônias iniciadoras/terminadoras e levados ao Laboratório. As realeiras foram dispostas verticalmente em frascos de vidro de 20 mL com papel e alimento tipo cãndi. Cada frasco recebeu a identificação da genealogia da rainha e o número da mini-recría. Em seguida, os frascos com as realeiras foram levados à estufa com temperatura média controlada de 34°C e umidade relativa de 60%, até o momento da emergência das rainhas filhas.

As rainhas recém-emergidas foram anestesiadas com CO₂, identificadas com uma plaqueta numerada na parte superior do tórax, acondicionadas em uma gaiola de rainha contendo cãndi e levadas a um banco de rainhas até a sua introdução nas colônias com finalidade de produção de geleia real.

Foram avaliados dois ambientes em sistema de recría e mini-recría. O sistema de recría era constituído por dois ninhos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha. No ninho inferior eram mantidos 10 favos e no superior nove favos mais um quadro porta-cúpulas com 100 cúpulas de acrílico, sendo 33 no sarrafo de cima, 33 no sarrafo do meio e 34 no sarrafo de baixo. Já para o sistema de mini-recría foi utilizado um quadro porta-cúpulas com 30 cúpulas de acrílico, sendo 15 no sarrafo de cima e 15 no sarrafo de baixo.

Cada colônia foi orfanada 24-72 horas antes da introdução da nova rainha. No momento da introdução as realeiras presentes eram destruídas. A filha mais pesada de cada matriz foi selecionada e introduzida na colônia. Caso não fosse aceita, a nova rainha era reintroduzida até obter sucesso.

Segundo Terada et al. (1975) e Winston & Katz (1981), que a longevidade de uma operária africanizada é até 26,3 dias. Em função disso, foi considerado em aproximadamente 50 dias todas as abelhas presentes na colônia serão filhas da nova rainha, portanto, a produção de geleia real foi avaliada após esse período.

Produção de geleia real

Para a produção de geleia real o processo é semelhante aos de rainhas, sendo que neste caso a criação das rainhas é interrompida e a geleia real é coletada. Para obtenção de larvas apropriadas, a transferência das larvas 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 larvas recém-eclodidas com um dia de idade e/ou ovos. Após a transferência das larvas, os sarrafos de transferência eram cuidadosamente devolvidos à respectiva recria e/ou mini-recria.

Cada coleta foi considerada em ordem crescente, que iniciava da primeira até a última coleta realizada, denominada assim de ordem de coleta. Para coleta da geleia real foi utilizada uma bomba que produz vácuo, sem contato manual com a geleia real. A geleia foi coletada por volta de 62 a 68 horas após a transferência, sendo pesada em balança de precisão de 0,001 g, acondicionada em frascos e congelada. Em seguida, os sarrafos porta cúpulas eram devolvidos às respectivas colônias e no dia seguinte nova transferência era realizada.

Em um período de avaliação da produção superior a 50 dias foram assumidos dois grupos de operárias diferentes por rainha, considerados como animais diferentes. O parentesco entre grupos é de super-irmãs, visto que a mesma rainha permaneceu durante o período de avaliação e os zangões eram desconhecidos.

A avaliação da rainha consistiu na transferência de larvas para produção de geleia real, realizada duas vezes por semana, e se estendeu pelo período de um a dois meses. Em seguida a rainha já avaliada foi substituída por outra e dar continuidade ao processo.

As características de produção avaliadas foram: porcentagem de aceitação de larvas (%), produção de geleia real por colônia (g) e por cúpula (mg). Os dados de produção foram coletados de abril de 2006 a janeiro de 2007 e dezembro de 2008 a janeiro de 2009. O número de indivíduos avaliados foi de 20 mães, 62 filhas, 60 netas, 33 bisnetas e 18 tataranetas, sendo que todas foram representadas e totalizando 193 rainhas. Foram analisados os dados de produção de geleia real de 56 colônias em sistema de recria e 118 em mini-recria, totalizando 173 colônias avaliadas, sendo computados na matriz de parentesco 374 e 448 indivíduos, respectivamente, entre rainhas e operárias das colônias.

Análise dos dados

Os dados foram analisados supondo-se a existência de heterogeneidade de variância, e cada sistema foi tratado como um ambiente diferente. Para a avaliação da interação genótipo - ambiente foram realizadas análises unicaracter para todas as características de produção em cada sistema. Já a análise bicaracter foi realizada entre as características para os dois sistemas, consideradas como características distintas.

O modelo animal utilizado incluiu os efeitos de época do ano, efeitos genéticos aditivos, efeito permanente de ambiente e efeito de ordem de coleta. Foi considerada como efeito fixo a época do ano.

O modelo animal utilizado foi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{1_1} & 0 \\ 0 & Z_{1_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{2_1} & 0 \\ 0 & Z_{2_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{3_1} & 0 \\ 0 & Z_{3_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:

y_1 e y_2 são os vetores de observações das características de produção de geleia real, e os índices 1 e 2 correspondem aos sistemas de recria e mini-recria, respectivamente;

X_1 e X_2 são as matrizes de incidência dos efeitos de época do ano, contidas nos vetores β_1 e β_2 , correspondentes ao sistema 1 e 2, respectivamente;

Z_{1_1} e Z_{1_2} são as matrizes de incidência dos efeitos genéticos aditivos, contidas nos vetores a_1 e a_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

Z_{2_1} e Z_{2_2} são as matrizes de incidência dos efeitos permanentes de ambiente, contidas nos vetores p_1 e p_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

Z_{3_1} e Z_{3_2} são as matrizes de incidência dos efeitos de ordem de coleta, contidas nos vetores pc_1 e pc_2 , correspondentes aos sistemas 1 e 2, respectivamente;

e_1 e e_2 são os vetores dos erros aleatórios associados a cada observação.

Foram assumidas pressuposições de que os efeitos incluídos no modelo possuem distribuição plana e as matrizes de (co) variâncias distribuição de Wishart Invertida.

Admitiu-se que y , a , p , c e e apresentam distribuição conjunta normal multivariada, como segue abaixo:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ p \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} XB \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} V & Z_1G & Z_2P & Z_3C & R \\ GZ_1' & G & \phi & \phi & \phi \\ PZ_2' & \phi & P & \phi & \phi \\ CZ_3' & \phi & \phi & C & \phi \\ R & \phi & \phi & \phi & R \end{bmatrix} \right\}$$

sendo:

$$V = Z_1GZ_1' + Z_2PZ_2' + Z_3CZ_3' + R$$

Na análise unicaracter, $G = A\sigma_a^2$, sendo A a matriz de parentesco e σ_a^2 a variância genética aditiva da característica; $P = I\sigma_p^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e σ_p^2 a variância de efeito permanente de ambiente da característica; $C = I\sigma_c^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de ordens de coleta e σ_c^2 a variância de ordem de coleta da característica; $R = I\sigma_e^2$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de observações e σ_e^2 a variância residual da característica.

Na análise multicaracter, a matriz G é dada por $G_0 \otimes A$, sendo A a matriz de parentesco entre as rainhas e G_0 a matriz de (co)variância genética aditiva, como segue:

$$G_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{a_1}^2 & \sigma_{a_1a_2} \\ \sigma_{a_2a_1} & \sigma_{a_2}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz P é dada por $P_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e P_0 a matriz de (co)variâncias de efeito permanente de ambiente entre as características, como segue:

$$P_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{p_1}^2 & \sigma_{p_1p_2} \\ \sigma_{p_2p_1} & \sigma_{p_2}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz C é dada por $C_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de ordens de coleta e C_0 a matriz de (co)variâncias de efeito de ordem de coleta entre as características, como segue:

$$C_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{c1}^2 & \sigma_{c1c2} \\ \sigma_{c2c1} & \sigma_{c2}^2 \end{bmatrix}$$

A matriz R é dada por $R_0 \otimes I$, sendo I a matriz identidade de ordem igual ao número de rainhas e R_0 a matriz de (co)variâncias residuais entre as características, como segue:

$$R_0 = \begin{bmatrix} \sigma_{e_1}^2 & \sigma_{e_1e_2} \\ \sigma_{e_2e_1} & \sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix}$$

Nas análises unicaracter, para os componentes de variância genética aditiva, permanente de ambiente, de ordem de coleta e residual foi considerado que σ_a^2 , σ_p^2 , σ_c^2 e σ_e^2 possuem distribuição de Gama Invertida (GI). Nas análises multicaracter, para os componentes de (co) variância genética aditiva, permanente de ambiente, de ordem de coleta e residual foi considerado que G , P , C e R possuem distribuição de Wishart Invertida (IW).

A estimação dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos, para todas as características analisadas, foi realizada utilizando abordagem Bayesiana, utilizando a partir do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*), desenvolvido por Van Tassel & Van Vleck (1995), que procede à estimação Bayesiana por meio da técnica de amostragem de Gibbs.

Foram geradas cadeias de 1.000.000 iterações, com um descarte de 100.000 iterações e um intervalo de amostragem a cada 50 iterações, totalizando 18.000 amostras.

O monitoramento da convergência das cadeias geradas pelo amostrador de Gibbs foi feita por meio da utilização dos testes de diagnóstico de Geweke e de Heidelberger & Welch disponíveis no CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementado no sistema computacional R (2009).

Foram construídos os intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade (RAD) para todos os componentes de (co) variância e parâmetros genéticos estimados, ao nível de 90%. Segundo Casella & George (1992), o IC pode ser definido pela RAD posterior do parâmetro quando a distribuição for simétrica. A RAD é a região que contém $(1 - \alpha)100\%$ da probabilidade posterior, em que α é o nível de significância.

A existência de interação genótipo - ambiente foi avaliada por meio das correlações genéticas entre os sistemas.

Com o objetivo de verificar a ocorrência de alteração na classificação das rainhas filhas, foram selecionados os vinte melhores indivíduos para cada característica de produção de geleia real avaliada, e observada a classificação das rainhas com filhas avaliadas em comum nos dois sistemas.

Resultados e Discussão

A média para os parâmetros de produção de geleia real em recria e mini-recria foram de 45,59 e 61,63% para porcentagem de aceitação, 7,56 e 4,33 g para produção de geleia por colônia e de 171,92 e 217,25 mg para produção de geleia por cúpula, respectivamente.

Para o sistema de recria com abelhas africanizadas, os valores estão dentro dos encontrados na literatura para porcentagem de aceitação que variaram de 23,98 a 50,89%; superiores para geleia produzida por colônia de 3,67 a 6,65 g e dentro dos resultados encontrados na literatura para produção de geleia por cúpula de 139,15 a 241,75 mg (Levy, et al., 1993; Perlin, 1999; Ballesteros & Vásquez, 2007).

Muli et al. (2005), trabalhando com colônias *Apis mellifera scutellata* em sistema de recria e 30 cúpulas, obtiveram valores superiores aos encontrados nesse trabalho de 56,30% para aceitação de larvas e de 408 mg/cúpula, porém a produção de geleia por colônia foi inferior de 6,90 g. As diferenças encontradas possivelmente são decorrentes do número variado de cúpulas utilizadas, além da subespécie avaliada.

Os valores de produção encontrados para o sistema de mini-recria com abelhas africanizadas estão de acordo com os valores presentes na literatura, de 35,80 a 62,58% para porcentagem de aceitação, 1,68 a 4,33 g/colônia/coleta e de 119,93 a 235,58 mg/cúpula/coleta (Garcia & Nogueira-Couto, 2005; Toledo & Mouro, 2005; Faquinello, 2007; Toledo et al., 2010).

Houve indicação de convergência para todas as cadeias, por meio da utilização dos testes de diagnóstico para as análises unicarater e bicarater, considerando os dois sistemas.

Na Tabela 1 estão apresentadas as estimativas de variância genética aditiva, residual, fenotípica, permanente de ambiente e de ordem de coleta, herdabilidade e participação de

efeito permanente e de ordem de coleta, para as características de produção de geleia em análise unicaracter, para os sistemas de recria e mini-recria.

De maneira geral, as estimativas foram precisas com distribuição posterior simétrica.

Os valores das estimativas de variância genética aditiva, fenotípica e residual indicaram maior variabilidade para a característica porcentagem de aceitação em sistema de mini-recria. O sistema de recria obteve maior valor de variância fenotípica, para produção de geleia por colônia e por cúpula, comparado com o sistema de mini-recria (Tabela 1).

As estimativas de herdabilidade em análise unicaracter foram de baixa magnitude (0,02 a 0,07) para o sistema de recria, e baixa a moderada (0,10 a 0,21) no sistema de mini-recria. Segundo Brandeburgo et al. (1989), baixas herdabilidades são encontradas normalmente para de características adaptativas de reprodução.

Os resultados demonstram que a mini-recria, por ser menor conseguiu manter melhor as condições ambientais interna da colônia e foi menos influenciada pelo ambiente externo comparado ao sistema de recria, concordando com os resultados obtidos por Durán (1991).

Segundo Martinez et al. (2006), na prática para produção de geleia real é recomendável, o uso de mini-recrias, pois estas permitem que o pequeno apicultor possa maximizar o uso de seu material biológico, além de facilitar seu manejo, pois controla a defensividade das abelhas africanizadas e permite um melhor aproveitamento de enxames menores (Laidlaw & Eckert, 1962).

Da mesma forma, a participação de efeito permanente de ambiente foi superior em sistema mini-recria para a aceitação e produção de geleia por colônia, bem como a participação de ordem de coleta para produção de geleia por colônia e por cúpula, do que em recria. Isso significa que a rainha proporcionou uma maior resposta do ambiente interno da colônia em sistema de mini-recria, por outro lado, o maior número de cúpulas no sistema recria influenciou a ordem de coleta para produção de geleia por colônia e por cúpula.

A participação materna em abelhas é caracterizada por meio da produção de feromônios pela rainha e a comunicação que existe entre ela e suas operárias, proporcionando assim uma maior resposta materna para essas características de produção expressadas pela colônia (Bienefeld & Pirchner, 1990; Moritz, et al., 2001; Apdegaité, 2003; Bienefeld et al., 2007; Richard et al., 2007).

Tabela 1 – Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_y^2), residual (σ_e^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e de ordem de coleta (σ_c^2), participação de efeito permanente (p^2) e de coleta (c^2) e herdabilidade (h^2) com seus intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise unicaracter, para recria e mini-recria para as características aceite de larvas (Aceitação), produção de geleia por colônia (Colônia) e por cúpula (Cúpula)

Componentes	Recria			Mini-recria		
	Aceitação	Colônia	Cúpula	Aceitação	Colônia	Cúpula
σ_a^2	5,86	1,05	0,23	105,06	1,67	0,24
	(0,51 – 16,55)*	(0,49 – 1,74)	(0,15 – 0,31)	(0,97 – 214,09)*	(0,89 – 2,51)	(0,16 – 0,32)
	(1,34 – 16,69)**	(0,60 – 1,76)	(0,16 – 0,32)	(4,73 – 214,34)**	(1,05 – 2,47)	(0,18 – 0,32)
σ_y^2	343,04	18,85	3,40	487,80	10,72	2,70
	(287,56 – 403,39)	(15,19 – 22,93)	(2,14 – 4,82)	(415,97 – 565,00)	(8,13 – 13,69)	(1,67 – 4,31)
	(295,47 – 409,08)	(16,68 – 21,14)	(2,43 – 4,87)	(429,73 – 556,30)	(8,59 – 13,87)	(1,75 – 4,13)
σ_e^2	230,18	10,84	0,07	297,30	3,53	0,09
	(207,41 – 251,88)	(9,75 – 11,87)	(0,06 – 0,07)	(261,03 – 336,13)	(3,14 – 4,00)	(0,08 – 0,10)
	(211,84 – 249,81)	(9,96 – 11,73)	(0,06 – 0,07)	(266,85 – 331,72)	(3,18 – 3,91)	(0,08 – 0,10)
σ_p^2	29,11	3,01	0,88	77,30	2,01	0,34
	(9,41 – 50,56)	(1,39 – 4,61)	(0,53 – 1,24)	(2,10 – 201,65)	(1,16 – 2,88)	(0,24 – 0,44)
	(13,46 – 47,82)	(1,77 – 4,46)	(0,61 – 1,27)	(5,36 – 201,83)	(1,32 – 2,85)	(0,26 – 0,445)
σ_c^2	77,91	3,95	2,23	8,12	3,50	2,02
	(29,09 – 135,81)	(1,61 – 6,95)	(1,01 – 3,68)	(1,98 – 17,03)	(1,41 – 6,57)	(0,85 – 3,62)
	(38,11 – 136,63)	(2,06 – 6,79)	(1,30 – 3,69)	(3,20 – 17,07)	(1,84 – 6,20)	(1,10 – 3,47)
h^2	0,02	0,06	0,07	0,21	0,16	0,10
	(0,002 – 0,05)	(0,003 – 0,09)	(0,04 – 0,11)	(0,004 – 0,41)	(0,08 – 0,23)	(0,04 – 0,15)
	(0,004 – 0,05)	(0,02 – 0,09)	(0,04 – 0,10)	(0,01 – 0,41)	(0,10 – 0,24)	(0,05 – 0,14)
p^2	0,08	0,16	0,27	0,16	0,19	0,14
	(0,03 – 0,15)	(0,07 – 0,24)	(0,16 – 0,38)	(0,01 – 0,41)	(0,11 – 0,27)	(0,09 – 0,17)
	(0,04 – 0,14)	(0,09 – 0,25)	(0,18 – 0,37)	(0,01 – 0,41)	(0,12 – 0,27)	(0,10 – 0,16)
c^2	0,22	0,20	0,64	0,17	0,32	0,73
	(0,08 – 0,40)	(0,09 – 0,36)	(0,30 – 1,09)	(0,01 – 0,23)	(0,13 – 0,61)	(0,32 – 1,35)
	(0,11 – 0,40)	(0,11 – 0,37)	(0,38 – 1,09)	(0,04 – 0,23)	(0,17 – 0,58)	(0,41 – 1,29)

* Intervalos de credibilidade ao nível de 90%; ** Região de alta densidade ao nível de 90%

As diferenças entre o tamanho e espaço disponível entre os dois sistemas pode ter sido responsável por essa resposta materna, uma vez que o número de abelhas da colônia pode afetar a transmissão de feromônio da rainha.

Segundo Watmough (1997) e Winston & Slessor (1998), com o maior congestionamento de abelhas a transmissão desses compostos possivelmente decresce em quantidade recebida por abelha; e segundo a movimentação da rainha e operária na colônia pode ser restringida com o aumento populacional, diminuindo assim a distribuição desses compostos. Isto sugere que as colônias podem tornar-se menos sensíveis ao efeito da rainha à medida que vão ficando maiores. Colônias maiores possuem maior efeito da cria e não da rainha, e a sua quantidade retarda a idade de forrageamento das operárias nutrizas (Pankiw & Page-Jr, 2001) responsáveis pela produção de geleia real.

Já Pankiw et al. (2002) encontraram efeito do ambiente da colônia na probabilidade de que a abelha operária iria recolher pólen, pólen e néctar, tamanhos de carga, e a concentração de néctar recolhida. Nesse trabalho o sistema de recria, o espaço disponível para a rainha era duas vezes superior e o número de cúpulas três vezes, promovendo a necessidade de nutrizas para realizar a tarefa, interferindo, possivelmente, no número de abelhas destinadas ao forrageamento e conseqüentemente tendo influência do ambiente interno, além das possíveis diferenças genéticas relacionadas na divisão de tarefas (Giray et al., 1999).

Por outro lado, menor quantidade de cúpulas no sistema de mini-recria, comparado à recria, com 30 e 100, respectivamente, pode ter gerado uma participação de ordem de coleta maior na produção de geleia por colônia e por cúpula, sendo outro obstáculo para comparar colônias com diferentes números de abelhas (Radloff et al., 2003).

Na Tabela 2 são apresentadas as estimativas de variância genética aditiva, residual, fenotípica, permanente de ambiente e de ordem de coleta, participação de efeito permanente e de ordem de coleta, em análise bicaracter, entre as características de produção nos dois sistemas avaliados.

As estimativas dos intervalos de credibilidade foram mais amplos que os obtidos na análise unicaracter, caracterizando assim estimativas pouco precisas, porém com distribuições posteriores simétricas e RAD iguais ou muito próximas aos intervalos de credibilidade.

Tabela 2 – Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), residual (σ_e^2) fenotípica (σ_y^2), permanente de ambiente (σ_p^2) e ordem de coleta (σ_c^2), herdabilidade (h^2) participação de efeito permanente (p^2) e de ordem de coleta (c^2), com seus intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter entre as características de produção de geleia real em sistema de recria e mini-recria para abelhas africanizadas

Componentes	Porcentagem de Aceitação		Produção de Geleia por Colônia		Produção de Geleia por Cúpula	
	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria
σ_a^2	7,35	87,60	0,58	1,22	0,02	0,02
	(1,59 – 15,46)*	(16,80 – 167,76)	(0,22 – 1,00)	(0,47 – 2,00)	(0,015 – 0,03)	(0,02 – 0,03)
	(2,59 – 16,15)**	(26,37 – 169,97)	(0,30 – 1,01)	(0,62 – 2,05)	(0,017 – 0,03)	(0,02 – 0,03)
σ_y^2	343,94	478,55	16,33	7,20	0,55	0,51
	(288,72 – 405,69)	(415,26 – 529,43)	(13,51 – 18,62)	(5,99 – 8,38)	(0,34 – 0,81)	(0,27 – 0,80)
	(299,70 – 414,01)	(422,77 – 540,60)	(14,97 – 18,86)	(6,26 – 8,51)	(0,38 – 0,84)	(0,32 – 0,82)
σ_e^2	230,32	297,99	10,85	3,49	0,01	0,01
	(202,09 – 249,94)	(261,09 – 330,63)	(9,80 – 11,77)	(3,03 – 3,88)	(0,006 – 0,01)	(0,011 – 0,014)
	(207,86 – 252,71)	(268,84 – 336,28)	(9,98 – 11,91)	(3,13 – 3,92)	(0,007 – 0,01)	(0,011 – 0,014)
σ_p^2	25,44	89,16	2,56	1,29	0,09	0,03
	(8,20 – 42,45)	(16,05 – 171,53)	(1,29 – 3,88)	(0,48 – 2,11)	(0,06 – 0,14)	(0,02 – 0,03)
	(12,06 – 44,07)	(25,73 – 173,84)	(1,54 – 4,02)	(0,65 – 2,15)	(0,06 – 0,13)	(0,02 – 0,03)
σ_c^2	80,77	3,78	2,34	1,20	0,43	0,45
	(34,14 – 139,12)	(1,01 – 7,64)	(0,93 – 4,03)	(0,51 – 2,08)	(0,21 – 0,68)	(0,21 – 0,74)
	(44,74 – 142,17)	(1,62 – 7,67)	(1,26 – 4,10)	(0,64 – 2,14)	(0,26 – 0,70)	(0,26 – 0,76)
h^2	0,02	0,18	0,03	0,17	0,04	0,05
	(0,004 – 0,05)	(0,04 – 0,33)	(0,02 – 0,07)	(0,07 – 0,27)	(0,01 – 0,07)	(0,02 – 0,07)
	(0,007 – 0,05)	(0,06 – 0,34)	(0,03 – 0,07)	(0,09 – 0,28)	(0,02 – 0,06)	(0,03 – 0,08)
p^2	0,07	0,18	0,15	0,18	0,18	0,05
	(0,04 – 0,15)	(0,06 – 0,42)	(0,11 – 0,27)	(0,12 – 0,40)	(0,09 – 0,19)	(0,08 – 0,14)
	(0,03 – 0,16)	(0,04 – 0,43)	(0,09 – 0,28)	(0,09 – 0,41)	(0,08 – 0,19)	(0,07 – 0,14)
c^2	0,23	0,01	0,14	0,16	0,76	0,87
	(0,16 – 0,49)	(0,004 – 0,02)	(0,09 – 0,29)	(0,12 – 0,39)	(0,37 – 0,98)	(0,30 – 0,89)
	(0,12 – 0,50)	(0,002 – 0,02)	(0,06 – 0,29)	(0,10 – 0,40)	(0,30 – 0,99)	(0,28 – 0,90)

* Intervalos de credibilidade ao nível de 90%; ** Região de alta densidade ao nível de 90%

Em análise bicaracter, as estimativas de variância genética aditiva, fenotípica, residual e participação de efeito permanente de ambiente foram bastante similares dos valores obtidos em análise unicaracter, e demonstraram novamente uma maior variabilidade para a característica porcentagem de aceitação em sistema de mini-recrã (Tabela 2).

Da mesma forma, ocorreu similaridade para a estimativa de herdabilidade entre análise bicaracter e unicaracter para o sistema de recrã. Por outro lado, os resultados de herdabilidade obtidos em sistema de mini-recrã em análise bicaracter foram inferiores (0,05 a 0,18) aos obtidos na unicaracter (0,10 a 0,21). Isso demonstra que a análise unicaracter contribuiu para resgatar uma maior proporção da variância genética aditiva.

Faquinello (2007) obteve valores superiores de herdabilidade para as mesmas características de produção de geleia real para o sistema de mini-recrã, em análise unicaracter, bicaracter e tricaracter de 0,10 a 0,56, 0,10 a 0,55 e 0,06 e 0,30, respectivamente. A diferença nos valores encontrados pode ter sido referente às informações de produção em sistema de recrã e de mini-recrã contidas neste estudo.

A participação de ordem de coleta teve menor influência para porcentagem de aceitação e produção de geleia por colônia, em análise bicaracter para o sistema de Mini-recrã comparado a unicaracter de: 0,01 e 0,17; 0,16 e 0,32, respectivamente. Ao contrário, a participação de ordem de coleta para produção de geleia por cúpula foi superior para os dois sistemas para análise bicaracter (Tabela 2). Assim, o maior número de informações em análise bicaracter promoveu um aumento nas estimativas de participação de ordem de coleta para a produção de geleia por cúpula nos sistemas de recrã e de mini-recrã.

Na Tabela 3 encontram-se as estimativas de (co) variância e correlações genéticas em análise bicaracter.

Os valores de covariância genética são muito amplos, demonstrando assim estimativas pouco precisas (Tabela 3). Faquinello (2007) encontrou valores de correlações genéticas para as mesmas características de produção de geleia real de 0,21 a 0,77.

Segundo Robertson (1959), diferenças biológicas importantes podem ser consideradas quando a correlação genética entre ambientes for menor ou igual a 0,80. Neste trabalho, os valores de correlações genéticas foram baixos (0,29 a 0,63) entre todas as características para os dois sistemas. Assim, os resultados dessa análise sugerem que as características que visam à produção de geleia real em cada sistema

devem ser tratadas como características diferentes (Falconer, 1987; Schaeffer, 1994; Martins, 2002; Falcão et al., 2008).

Tabela 3 – Estimativas de covariância genética (σ_g) e correlação genética direta (r_g), com seus respectivos intervalos de credibilidade e regiões de alta densidade, ao nível de 90%, em análise bicaracter entre sistema de recria e mini-recria para características de produção de geleia real em abelhas africanizadas

Componentes	Porcentagem de Aceitação	Produção de Geleia por Colônia	Produção de Geleia por Cúpula
σ_{a1a2}	16,54	0,35	0,01
	(-2,96 – 44,12)*	(-0,33 – 0,88)	(0,002 – 0,01)
$r_{g1,2}$	(1,25 – 39,36)**	(-0,13 – 0,79)	(0,003 – 0,01)
	0,63	0,42	0,29
	(0,07 – 0,96)	(-0,06 – 0,83)	(0,10 – 0,49)
	(0,08 – 0,92)	(-0,04 – 0,75)	(0,13 – 0,45)

* Intervalos de credibilidade ao nível de 90%; ** Região de alta densidade ao nível de 90%

Os baixos valores de correlação genética entre os sistemas, são uma evidência da existência de interação genótipo - ambiente, indicando que os melhores genótipos em um sistema de produção não são necessariamente os mesmos no outro e que pode haver alteração na classificação dos animais em função dos ambientes.

Pankiw et al. (2002) demonstram resultados da correlação entre genótipo e ambiente, representado por meio da interação do ambiente modulando o fenótipo, afetando assim o desenvolvimento do comportamento de seus membros em nível de colônia.

Na Tabela 4 encontram-se as vinte melhores rainhas filhas selecionadas em cada sistema para cada característica.

Pode-se observar que houve alteração na classificação das rainhas nos dois sistemas, corroborando os resultados obtidos de correlação genética, e comprovando mais uma vez a existência de interação genótipo - ambiente, devido às diferenças de ambiente originadas em cada sistema.

As rainhas números 223 e 231, por exemplo, foram as únicas rainhas selecionadas nos dois sistemas para as características porcentagem de aceitação e produção de geleia real por colônia, respectivamente. Para a característica produção de geleia real por colônia a classificação não foi a mesma, onde observa-se que as rainhas não tiveram o mesmo desempenho nos sistemas estudados (Tabela 4).

De maneira geral, as estimativas indicaram que o sistema de produção, avaliado na população disponível para este estudo, influenciou todas as características de produção de geleia real nunca antes tratados em abelhas *Apis mellifera* africanizadas.

Tabela 4 – Classificação das vinte melhores rainhas filhas nos sistemas de recria e mini-recria

Classificação	Porcentagem de Aceitação		Produção de Geleia por Colônia		Produção de Geleia por Cúpula	
	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria	Recria	Mini-recria
1	141	367	141	51	231	51
2	155	327	291	323	227	119
3	329	69	293	49	291	77
4	319	317	295	87	293	87
5	187	331	297	287	295	49
6	159	365	301	285	297	117
7	221	51	303	69	301	107
8	217	299	155	289	303	89
9	185	363	201	77	193	111
10	235	359	227	325	285	103
11	215	289	199	107	287	371
12	213	49	159	299	289	47
13	201	37	231	103	299	69
14	139	221	143	89	229	137
15	189	223	225	47	159	325
16	345	87	205	365	345	359
17	347	107	215	321	347	139
18	143	309	165	229	141	135
19	243	53	139	231	225	365
20	223	287	177	233	215	75

Os resultados mostraram que a composição fenotípica da colônia foi afetada pelo sistema de produção, como sua interação genética e ambiental, influenciando provavelmente a persistência, eficiência e idade das abelhas em desenvolver a tarefa de produção de geleia real. Assim, é importante a exploração do ambiente que um indivíduo está submetido e as respostas aos efeitos ambientais que o grupo é submetido (Seeley, 1998).

A avaliação da genética de rainhas para a produção de geleia real criadas em sistemas diferenciados, possibilitará a seleção de animais mais adaptados para o meio onde será criada, a formação de apiários com colônias mais uniformes, mais produtivas, viabilização dos custos e aumento da eficiência de produção. Sendo assim, deve-se escolher o sistema a ser trabalhado, e dentro de cada sistema, selecionar os indivíduos para a próxima geração.

Conclusões

Foram encontradas evidências de interação genótipo - ambiente para as características de produção de geleia real em abelhas africanizadas, demonstrando que as melhores rainhas em um sistema não são necessariamente as melhores em outro. Portanto, o sistema de produção deve ser levado em consideração na escolha das rainhas selecionadas.

Literatura Citada

- ALBARRACÍN, V.N.; FUNARI, S.R.C.; ARAUCO, E.M.R.; et al. Aceitação de larvas de diferentes grupos genéticos de *Apis mellifera* na produção de abelhas rainhas. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, v.14, n.2, p.33-41, 2006.
- ALBER, M.A. A study of queen-rearing methods. **Bee World**, v.46, n.1, p.25-31, 1965.
- APDEGAITE, V. Peculiarities of the composition of pheromone components of instrumentally inseminated honeybee queens (*Apis mellifera carnica* Pollm.), **Acta Zoologica Lituanica**, v.13, n.3, p.342-347, 2003.
- BALLESTEROS, H.H. & VÁSQUEZ, R.E. Determinación de la producción de jalea real em colmenas de recria de diferentes dimensiones. **Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v.8, n.1, p.75-81, 2007.
- 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.
- BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). **Apidologie**, v.21, p.175-183, 1990.
- BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LÔBO, 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.
- CASELLA, G.; GEORGE, E. Explaining the Gibbs Sampler. **The American Statistical**, v.46, p.167-174, 1992.
- DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v.39, p.435-436, 1899.
- DURÁN, J.E.T. **Estudo das variáveis ambientais e do ácaro *Varroa jacobsoni* na produção de geleia real em colméias de *Apis mellifera***. Jaboticabal: UNESP, 1991. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, 1991.
- FALCÃO, A.; MARTINS, E.; COSTA, C.; MAZUCHELI, J. Interação genótipo-ambiente na produção de leite de vacas da raça Holandesa. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, n.2, p.225-231, 2008.

- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Trad. Martinho de Almeida e Silva e José Carlos da Silva. Viçosa: Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1987. 279p.
- FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geléia real**. 2007. 54f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.
- GARCIA, R.C.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Produção de geléia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.27, n.1, p.17-22, 2005.
- GIRAY, T.; HUANG, Z-Y.; GUZMÁN-NOVOA, E.; et al. Physiological correlates of genetic variation for rate of behavioral development in the honeybee, *Apis mellifera*. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.47, p.17-28, 1999.
- JIANKE, L.; AIPING, W. Comprehensive technology for maximizing royal jelly production. **American Bee Journal**, v.145, n.8, p.661-664, 2005.
- LIDLAW, H.H.; ECKERT, J.E. **Queen rearing**. Berkeley: University of California Press, 1962. 32p.
- LEVY, P.S.; SILVA, R. M.B.; PARANHOS, B.A.J. et al. Influência do tempo entre a transferência das larvas e a colheita sobre a produção de geléia real de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Boletim de Indústria Animal**, v.50, n.2, p.113-117, 1993.
- MARTINEZ, O.A.; ZULLO, A.J.; MORENO, U.; et al. Produção de geléia real com abelhas africanizadas – uma alternativa para o pequeno produtor. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 21., 2006, Aracajú. **Anais...** Aracajú: CBA, [2006]. (CD-ROM).
- MARTINS, E.N. Avaliação genética e heterogeneidade de variância. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife-PB. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, [2002]. CD-ROM.
- MULI, E.M.; RAINA, S.K.; MUEKE, J.M. Royal jelly production in East Africa: performance potential of the honey bees, *Apis mellifera scutellata* and *Apis mellifera monticola* in Kenya. **Journal of Apicultural Research**, v.44, n.4. p.137-140, 2005.
- MORITZ, R.F.A.; CREWE, R.M.; HEPBURN, H.R. attraction and repellence of workers by the honeybee queen (*Apis mellifera* L.). **Ethology**, v.107, p.465-477, 2001.
- MORETTO, G.; GUERRA, J.C.V.; KALVELAGE, H.; et al. Maternal influence on the acceptance of virgin queens introduced into Africanized honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **Genetics and Molecular Research**, v.3, n.3, p.441-445, 2004.
- PANKIW, T.; PAGE-JR., R.E. Brood pheromone modulates honeybee (*Apis mellifera* L.) sucrose response thresholds. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v.49, p.206-213, 2001.
- PANKIW, T.; TARPY, D.R.; PAGE-JR, R.E. Genotype and rearing environment affect honeybee perception and foraging behavior. **Animal Behaviour**, v.64, p.663-672, 2002.

- PERLIN, T.A. Valor nutricional de farinha de soja e mel, farinha láctea e açúcar em colmeias de abelhas (*Apis mellifera*) na produção de geleia real. **Ciencia Rural**, v.29, n.2 p.345-347, 1999.
- R Development Core Team (2009). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- RICHARD, F.J.; TARPY, D.R.; GROZINGER, C.M. Effects of insemination quantify on honey bee queen physiology. **Plos One**, p.1-9, 2007.
- RADLOFF, S.E.; HEPBURN, R.; BANGAY, L.J. Quantitative analysis of intracolony and intercolony morphometric variance in honeybees, *Apis mellifera* and *Apis cerana*. **Apidologie**, v.34, p.339-351, 2003.
- ROBERTSON, A. The sampling variance of the genetic correlation coefficient. **Biometrics**, v.15, p.469, 1959.
- SCHAEFFER, L.R. Multiple-Country comparison of dairy sires. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2671-22678, 1994.
- SEELEY, T.D. Thoughts on information and integration in honey bee colonies. **Apidologie**, v.29, p.67-80, 1998.
- SIMONELLI, S.M. **Heterogeneidade de variâncias e interação genótipo x ambiente no desempenho de animais Nelore em diferentes regiões do estado do Mato Grosso do Sul**. 2004. 117p. Tese (Doutorado em Zootecnia). Centro de Ciências Agrárias – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- STANTON, T.L.; BLAKE, R.W.; QUAAS, R.L. et al. Genotype by environment interaction for Holstein milk yield in Colombia, México and Porto Rico. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.5, p.1700-1714, 1991.
- 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.; MOURO, G.F. Produção de geleia real com abelhas africanizadas selecionadas cárnicas e híbridas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2085-2092, 2005.
- TOLEDO, V.A.A.; NEVES, C.A.; ALVES, E.M.; et al. Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.1, p.93-100, 2010.
- VAN TASSEL, C.P.; VAN VLECK, L.D. **A manual for use of MTGSAM. A set of fortran programs to apply gibbs sampling to animal models for variance component estimation**. (DRAFT) Lincon: Department of Agriculture/Agricultural Research Service, 1995.
- XIANMIN, L.; JIANKE, L.; CANGQIANG, C. Factors affecting royal jelly production. **American Bee Journal**, v.143, n.12, p.969-972, 2003.
- WATMOUGH, J. A general model of pheromone transmission within honey bee hives. **Journal of Theoretical Biology**, v.189, p.159-170, 1997.

- 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.
- WINSTON, M.L.; SLESSOR, K.N. Honey bee primer pheromones and colony organization: gaps in our knowledge. **Apidologie**, v.29, p.81-95, 1998.

VII – CONCLUSÕES GERAIS

Os sistemas de produção de geleia real, recria e/ou mini-recria, foram influenciados pelos fatores externos e internos à colônia, diminuindo a proporção da variação genética expressada pelas operárias. Contudo, há indicativos de que a seleção realizada para aumentar a produção de geleia real por colônia promoverá aumento na porcentagem de aceitação e produção de geleia por cúpula.

O efeito ambiental sobre as características porcentagem de aceitação e produção de geleia real foi diferenciado em cada sistema de produção, afetando a variação genética e do indivíduo, devendo assim os sistemas ser considerados separadamente na análise.

Essa interação da genética com o ambiente para as características de produção de geleia real em abelhas africanizadas demonstraram que as melhores rainhas em um sistema não são necessariamente as melhores em outro. Portanto o sistema de produção deve ser levado em consideração na escolha das rainhas selecionadas.