

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

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER PARA PRODUÇÃO DE MEL

KALIANE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO - 2013**

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER PARA PRODUÇÃO DE MEL

KALIANE NASCIMENTO DE OLIVEIRA

Zootecnista

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2011.

Dissertação submetida ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof.^a Dra. Meiby Carneiro de Paula Leite

Co-Orientador: Dra. Patricia Faquinello

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
FEVEREIRO – 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA

O48

Oliveira, Kaliane Nascimento de.

Avaliação genética em abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier para produção de mel: estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos / Kaliane Nascimento de Oliveira. – Cruz das Almas, BA, 2013.

40f.; il.

Orientadora: Meiby Carneiro de Paula Leite.

Coorientadora: Patrícia Faquinello.

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

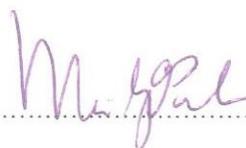
1.Abelha – Criação. 2.Abelha – Melhoramento genético.
I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 638.1

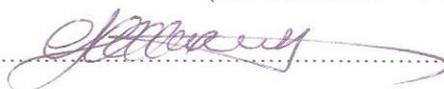
Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB.

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

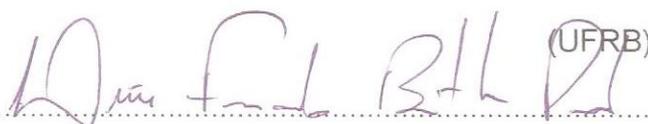
COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
KALIANE NASCIMENTO DE OLIVEIRA



Prof.ª Dra. Meiby Carneiro de Paula Leite
(Orientadora – UFRB)



Prof. Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho



Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto
(UFBA)

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciência Animal em.....

Conferindo o Grau de Mestre em Ciência Animal em.....

A resposta

O homem desesperado alcançou, um dia, a presença do Cristo e clamou:

– Senhor que fazer para sair do labirinto da Terra? Tudo sombra...

Maldade e indiferença, angústia e aflição dominam as criaturas que, a meu ver, se debatem num mar de trevas...

Senhor, onde está o caminho que me assegura a libertação?

Jesus afagou o infeliz e respondeu generosamente:

– Filho, ninguém te impede de acender a própria luz!

Emmanuel

Do livro, Sinais de Rumo psicografado por Chico Xavier.

A

Deus, por ter sempre me agraciado com a fé, saúde e sabedoria, essenciais para a realização de mais um sonho.

Aos

Meus pais, **Patrício José de Oliveira e Maria Helena Nascimento de Oliveira**, pelos exemplos de vida, e pelo maior dos ensinamentos, “a família”.

A

Minha **família**, pelo apoio incondicional.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

Em especial agradeço a **Deus**, por tornar tudo isso possível, cercando-me sempre por pessoas especiais.

Aos meus **pais**, pelo amor, dedicação e ensinamentos.

Aos meus **familiares** por sempre acreditarem em mim e por todo apoio.

A minha orientadora, **Prof.^a Dra. Meiby Carneiro de Paula Leite**, pela oportunidade, por seu exemplo de dedicação e respeito ao próximo, pelos ensinamentos, compreensão e amizade e, sobretudo pela confiança.

A minha co-orientadora, **Dra. Patrícia Faquinello**, por todos os ensinamentos, sugestões e constante apoio na realização do trabalho.

A **Dra. Daniela Andressa Lino Lourenço** pelas importantes contribuições, que foram fundamentais na realização das análises.

À **Universidade Federal do Recôncavo da Bahia** e ao **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal** pela oportunidade e apoio para a realização deste trabalho.

Ao **Núcleo de Estudos dos Insetos - INSECTA**, em especial ao **Prof Dr. Carlos Alfredo Lopes de Carvalho**, pela parceria e por possibilitar a realização deste trabalho. Agradeço também aos integrantes do grupo, **Dr. Eloi M. Alves**, **Dra. Gesline Fernandes**, **Eliaber B. Santos**, **Cynthia L. Neves**, **Adailton Freitas**, **Generosa S. Ribeiro**, **Roberto B. Sampaio** e **Baden Bell P. Brito**, pelo apoio e contribuições.

Aos professores Doutores **M^a Vanderly Andréa**, **Geni da S. Sodré**, **Jair de Araújo Marques** (*In memorian*) e **Sabrina Luzia Gregio de Sousa**, pelos ensinamentos concedidos e incentivos; e aos demais **professores** do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e do curso de Zootecnia da UFRB. Sou eternamente grata a todos vocês.

À **FAPESB** pelo apoio ao projeto de pesquisa por meio dos Termos de Outorga PPP0064/2010, BOL1836/2010 e BOL0529/2011.

À **Universidade Estadual de Maringá - UEM** e ao **Programa de Pós-Graduação em Zootecnia-PPZ**, pela oportunidade da realização da mobilidade

acadêmica; e aos **Professores** do PPZ, por contribuírem para a minha formação profissional.

Aos colegas de Pós-Graduação – **Carina Anunciação S. Dias, Daiane L. Novaes, Carlos Emanuel Eiras, Gisele Caroline Fernandes, Neomara B. de L. Santos, Diana Carolina Romero, e Pâmela de J. Conceição**, pela amizade, conselhos e companheirismo.

A **Lígia Lins Souza** e **Paula Aguiar**, presentes de Deus, com quem tive o privilégio de conviver e compartilhar grandes momentos desta caminhada.

A **Daniele P. de Oliveira, Emília de Paiva Porto, Ana Carolina Conti, Edson Júnior H. de Paula, Osvaldo M. de Souza e Lucilaine da C. Novaes**, pela amizade e pelos momentos inesquecíveis vividos durante a minha estadia em Maringá.

Aos meus queridos **amigos**, espalhados por todos os cantos, que sempre me deram força e torceram para que eu pudesse conquistar mais essa vitória.

Muito obrigada a todos que participaram direta ou indiretamente da construção e êxito deste trabalho!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	7
Capítulo 1	
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BIOMÉTRICAS EM ABELHA <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER.....	12
Resumo.....	13
Abstract.....	13
Introdução.....	14
Material e Métodos.....	15
Resultados e Discussão.....	18
Conclusões.....	23
Agradecimentos.....	23
Referências Bibliográficas.....	23
Capítulo 2	
AVALIAÇÃO GENÉTICA DE ABELHAS <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER PARA PRODUÇÃO DE MEL.....	26
Resumo.....	27
Abstract.....	27
Introdução.....	28
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	32

Conclusões.....	36
Agradecimentos.....	36
Referências Bibliográficas.....	37
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40

LISTA DE TABELAS

	Página
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BIOMÉTRICAS EM ABELHA <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER.....	12
Tabela 1. Médias e desvio-padrão das características número (NPM), largura (LPM), altura (APM) e volume dos potes de mel (VPM); número (NPP), altura (APP) e diâmetro dos potes de pólen (DPP); produção de mel (PM); peso da colônia (PESO), número (NDC), diâmetro (DDC) e largura dos discos de cria (LDC); e número de indivíduos (POP) em abelha <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).....	18
Tabela 2. Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), variância Fenotípica (σ_p^2), residual (σ_e^2) e de herdabilidade (h^2), e seus respectivos desvios-padrão (DP) e intervalos de credibilidade (entre parênteses), ao nível de 95%, para as características número (NPM), largura (LPM), volume (VPM) e altura dos potes de mel (PPM), número (NPP), altura (APP) e diâmetro dos potes de pólen (DPP) e produção de mel (PM), obtidas para abelhas <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).....	20
Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_p^2) e residual (σ_e^2), e de herdabilidade (h^2), com seus respectivos intervalos de credibilidade (IC) e desvios-padrão (DP) para as características peso da colônia (PESO), número (NDC), largura (LDC) e diâmetro dos discos de cria (DDC) e estimativa da população (POP), obtidas para abelhas <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).....	22

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE ABELHAS <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> LEPELETIER.....	26
---	----

Tabela 1. Estimativas de herdabilidade (h^2) com seus desvios-padrão (DP) e intervalos de credibilidade (IC), ao nível de 95%, para as características produção de mel (PM); número (NPM), largura (LPM), altura (APM); e volume dos potes de mel (VPM), obtidas em abelhas <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).....	33
---	----

Tabela 2. Classificação das dez melhores rainhas de <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) para as características produção de mel (PM), número (NPM), largura (LPM), altura (APM) e volume dos potes de mel (VPM).....	34
---	----

Tabela 3. Médias das características produção de mel (PM); número (NPM), largura (LPM), altura (APM); e volume dos potes de mel (VPM), e seus respectivos Ganhos Genéticos, obtidas na População Inicial e na População Seleccionada, em abelhas <i>Melipona quadrifasciata anthidioides</i> Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).....	35
--	----

LISTA DE ABREVIações

APM.....	Altura dos potes de mel
APP.....	Altura dos potes de pólen
DDC.....	Diâmetro dos discos de cria
DPP.....	Diâmetro dos potes de pólen
LDC.....	Largura dos discos de cria
LPM.....	Largura dos potes de mel
NDC.....	Número de discos de cria
NPM.....	Número dos potes de mel
NPP.....	Número dos potes de pólen
PESO.....	Peso da colônia
PM.....	Estimativa da produção de mel
POP.....	Estimativa da população
VPM.....	Volume dos potes de mel

AVALIAÇÃO GENÉTICA EM ABELHAS *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER PARA PRODUÇÃO DE MEL

Autora: Kaliane Nascimento de Oliveira

Orientadora: Prof.^a Dra. Meiby Carneiro de Paula Leite

RESUMO: Os objetivos deste trabalho foram estimar componentes de variância genética aditiva, fenotípica e residual, e a herdabilidade; e avaliar geneticamente colônias e rainhas de *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier para características relacionadas com a produção de mel. Sessenta colônias de diferentes regiões da Bahia foram transferidas para caixas padronizadas e divididas, originando as gerações parentais, G1 e G2. Foram medidas nas três gerações as características: produção de mel; número, largura, volume e altura dos potes de mel; número, altura e diâmetro dos potes de pólen; peso; número, largura e diâmetro dos discos de cria; e a estimativa do número de indivíduos. As medidas foram corrigidas para o efeito fixo de mês de mensuração. As estimativas de variância e herdabilidade foram obtidas por abordagem Bayesiana, em análise unicaracter, utilizando modelo animal contendo efeito fixo de mês de mensuração e efeito aleatório genético aditivo. Foi realizada a seleção das melhores rainhas e colônias por meio de uma classificação, baseada no valor genético. O ganho genético das características avaliadas foi calculado através da média de produção das colônias. Houve indicação de convergência para todas as cadeias obtidas. As estimativas de herdabilidade variaram de 0,25 a 0,53, Portanto há variação genética aditiva que garante boa resposta à seleção. Observou-se pouca alteração na classificação das rainhas. O ganho genético por colônia mostrou que existe a possibilidade de aumento de produção na geração seguinte.

Palavras-chave: Meliponíneos, melhoramento genético, parâmetros genéticos, seleção.

GENETIC EVALUATION IN BEES *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER FOR HONEY PRODUCTION

Author: Kaliane Nascimento de Oliveira

Adviser: Profa. Dra. Meiby Carneiro de Paula Leite

ABSTRACT: The objectives of this study were to estimate variance components of additive genetic, phenotypic and residual, and the heritability; and evaluate genetically colonies and queens of *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier for characteristics related to honey production. Sixty colonies from different regions of Bahia were transferred to standard boxes and divided, giving rise to the parental generations, G1 and G2. Were measured in three generations the characteristics: honey production; number, width, depth and volume of honey pots; number, height and diameter of pollen storage pots; weight; number, width and diameter of the brood combs; and the estimate of the number of individuals. The measurements were corrected for the fixed effect of the month of measurement. Estimates of variance and heritability were obtained by Bayesian approach in analyzing univariate, using animal model containing fixed effect of month of measurement and random genetic additive effect. Was performed a selection of the best queens and colonies through a classification based on genetic value. The genetic gain of evaluated traits was calculated using the average production of the colonies. There was indication of convergence for all the chains obtained. Heritability estimates ranged from 0.25 to 0.53, therefore additive genetic variation that ensures good response to selection. There was little change in classification of the queens. Genetic gain per colony showed that it is possible to increase production in the next generation.

Keywords: Honey production, genetic improvement, genetic parameters, selection, stingless bee.

INTRODUÇÃO

Os meliponíneos são abelhas sociais geralmente encontradas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. Constituem um grupo de abelhas com cerca de 400 espécies que produzem um mel bastante apreciado e valorizado (Evangelista-Rodrigues et al., 2008).

Essas abelhas possuem características vantajosas para a polinização de determinadas culturas, como a ausência de ferrão, a sociabilidade, a baixa defensividade, a menor amplitude do vôo de forrageamento e a perenidade das colônias (Malagodi-Braga et al., 2004). Algumas destas são muito populares e criadas regionalmente para a produção de mel, com destaque para as pertencentes ao gênero *Melipona*, conhecidas popularmente como mandaçaia (*M. quadrifasciata*), jandaíra nordestina (*M. subnitida*), uruçú-cinzenta (*M. fasciculata*), uruçú-do-nordeste (*M. scutellaris*) (Campos e Peruquetti, 1999).

O mel destas abelhas possui características bastante apreciadas, principalmente nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Este fator torna-se um complemento financeiro importante para as populações rurais, estimulando o aproveitamento dessas abelhas para a criação racional (Imperatriz-Fonseca et al., 2004; Venturieri et al., 2003).

A espécie de abelha *Melipona quadrifasciata* Lepeletier é encontrada no território brasileiro, ao longo da costa litorânea, desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul, habitando originalmente as regiões de Mata Atlântica (Moure e Keer, 1950).

São conhecidas duas subespécies, a *M. quadrifasciata quadrifasciata* e *M. quadrifasciata anthidioides*, que são reconhecidas morfologicamente pelo padrão das bandas terciais (listras amarelas no abdômen) (Moreti, 2005). A diferença entre as subespécies são as bandas terciais amarelas e contínuas (três a cinco bandas do 3º ao 6º segmento em operárias e machos de *M. quadrifasciata quadrifasciata*, e bandas interrompidas (de duas a cinco bandas), em *M. quadrifasciata anthidioides* (Schwarz, 1948).

A *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, é encontrada desde o Nordeste do estado de São Paulo até o extremo norte da Chapada Diamantina, na Bahia, estendendo-se a Oeste até Minas Gerais e ao centro de Goiás (Batalha-Filho, 2008).

As abelhas do gênero *Melipona* têm sido estudadas principalmente em relação aos seus aspectos biológicos, comportamentais, morfológicos, citogenéticos e de DNA, havendo a necessidade de proceder ao melhoramento genético desses animais objetivando um aumento produtivo (Aidar, 1996).

O melhoramento genético constitui-se em uma ferramenta fundamental nos sistemas de produção por permitir a identificação dos melhores animais, podendo usá-los como pais e assim garantir um aumento da produtividade. De acordo com Gramacho (2008), o principal objetivo no melhoramento genético é a obtenção, por meio de seleção, de linhagens que apresentem características desejáveis. No entanto, a eficiência de um programa de seleção está baseada essencialmente na estimativa acurada dos parâmetros genéticos (Robinson, 2000). Dentre estes parâmetros, a herdabilidade constitui-se em uma medida do grau de quanto uma característica pode ser herdável e quanto ela é influenciada pelo meio (Monteiro e Lobo, 1993).

Para *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier não existem trabalhos que revelem a obtenção de estimativas de parâmetros genéticos que possam estar ligados a características de interesse econômico e de informações referentes ao potencial de produção de mel. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo estimar componentes de variância para características produtivas e biométricas relacionadas com a produção de mel e da estrutura do ninho de abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides*; e avaliar geneticamente colônias e rainhas desta subespécie para produção de mel, sendo dividido em dois Capítulos:

Parâmetros genéticos para características produtivas e biométricas em abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Capítulo 1).

Avaliação genética de abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Capítulo 2).

REVISÃO DE LITERATURA

A abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, é encontrada desde o Nordeste do estado de São Paulo até o extremo norte da Chapada Diamantina, na Bahia, estendendo-se a Oeste até Minas Gerais e ao centro de Goiás (Batalha-Filho, 2008). De acordo com Nunes (2008), na Bahia a *M. q. anthidioides* pode ser encontrada em quase todo o estado sendo a região semiárida, por motivos climáticos e florísticos, a predominante desta subespécie.

Em geral, as colônias possuem média de população variando entre 500 a 900 indivíduos (Guibu et al., 1988). Segundo Monteiro (2000), o ninho dessas abelhas geralmente tem a forma de discos sobrepostos e no sentido horizontal, formados por células com aproximadamente 1 cm de altura por 0,5 cm de diâmetro, confeccionados com cerume, onde são desenvolvidas as crias. Os potes para armazenar mel e pólen são ovais, construídos com o mesmo cerume, medindo cerca de 3 a 5 cm de altura, por 2,5 cm de diâmetro, ligados entre si (Monteiro, 2000).

Esta subespécie produz mel bastante apreciado pelo seu sabor agradável. Embora bastante procurado para o consumo nas suas regiões de ocorrência, a baixa produção relativa por colônia se torna um obstáculo para o aumento do consumo.

Estima-se que, em ambiente natural uma colônia possa produzir entre 1,5 e 2,0 litros de mel sob condições de boa florada, sendo que quando criada racionalmente este valor pode aumentar, tornando-se uma boa alternativa para aumento de renda, especialmente para meliponicultores inseridos na agricultura familiar (Monteiro, 2000). Apesar de ser considerada importante para programas de agricultura familiar no estado da Bahia, ainda existem poucos estudos sobre o potencial de produção de mel desta espécie ou mesmo sobre as suas populações.

Em abelhas, além do aspecto econômico, diversas características tem chamado a atenção, como o sistema haplo-diplóide, o mecanismo de

determinação de sexo e das castas e o seu sistema social (Monteiro e Lobo, 1993). Segundo Kerr (2006), o conhecimento sobre a reprodução e o manejo das abelhas é um ponto importante quando a intenção é promover o melhoramento genético. No gênero *Melipona*, aparentemente predomina o acasalamento com apenas um zangão e no gênero *Apis* já foi registrado o acasalamento de uma única rainha com 7 a 12 zangões (Aidar, 2010).

Dentro da sociedade de abelhas existe uma diversidade de genes nos cromossomos divididos por três castas: zangões, operárias e rainha, onde, no gênero *Melipona*, como as mandaçaias e as uruçus, os machos possuem nove e as fêmeas 18 cromossomos (Gonçalves e Kerr, 1970). Os mesmos autores explicam que a genética demonstra que nessa sociedade o acasalamento é realizado na natureza onde o zangão deposita na bolsa existente na rainha (espermateca) os espermatozóides, formando uma comunidade de operárias meio irmãs e que essa relação torna as abelhas em animais com um sistema diferenciado, denominado haplo-diplóide, ou seja, um dos sexos tem o dobro do número de cromossomos do outro. Dessa forma esse sistema torna mais estreito o parentesco entre irmãos que o estabelecido em organismos diplóides (Souza et al., 2002).

O processo de aperfeiçoamento das potencialidades de determinada espécie implica na necessidade de se conhecer profundamente aspectos da biologia do material em estudo visando a aplicação desse conhecimento no tipo de seleção a ser utilizado (Kerr, 1973). Para a obtenção de populações geneticamente superiores muitas são as direções a seguir, sendo a seleção massal, realizada por meio da escolha das características mais importantes, o mais utilizado (Souza, 1995).

A seleção baseia-se no processo de avaliação genética, e este por sua vez depende da estimação acurada dos componentes de variância e (co)variância e dos parâmetros genéticos para identificação dos animais geneticamente superiores. De acordo com Falconer (1987), variâncias fenotípicas, genéticas e ambientais são parâmetros peculiares da população que se está estudando, podendo variar de população para população, de acordo com diversos fatores a que estejam submetidos.

Os componentes de variância são parâmetros correspondentes às variâncias dos efeitos aleatórios de um modelo estatístico e, são largamente

utilizados no melhoramento genético animal. Entre os métodos de estimação de componentes de variância citados na literatura, o desenvolvido por Fisher, de análise de variância, foi o que impulsionou os outros métodos de estimação (Searle et al., 1992).

Dentre estes parâmetros, a herdabilidade constitui-se na proporção da variância total atribuída ao efeito genético, em média pelo efeito de todos os genes que afetam uma característica (Rinderer, 1983), sendo importante na predição da resposta biológica de uma característica nos programas de melhoramento (Branderburgo et al., 1989). Segundo Koots et al. (1994), tanto para a pesquisa como para a prática em melhoramento genético animal, estimativas de componentes de (co)variâncias e herdabilidades são itens essenciais.

Além destes parâmetros, muitas características importantes das abelhas podem ser avaliadas através das correlações (Rinderer, 1983). O estudo das correlações é necessário, visto que, características importantes economicamente, geralmente, são correlacionadas (Falconer, 1987). Além disso, a correlação 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).

A obtenção acurada das estimativas dos valores genéticos dos indivíduos depende das diferenças genéticas da população, do ambiente, da análise, da forma de obtenção dos componentes de (co)variância e depende ainda dos efeitos considerados no modelo estatístico usado na avaliação.

Com abelhas foram realizados trabalhos com desenvolvimento de índice de seleção para várias características como, resistência a doenças, produção de mel, produção de cera e defensividade (Van Engelsdorf e Otis, 2000; Bienefeld e Pirchner, 1991). De acordo com Bienefeld et al. (2007), o uso de índices de seleção está se tornando menos comum em função das influências ambientais, assim como das diferenças genéticas nos níveis de acasalamentos. Dessa forma estes autores sugerem a utilização do Modelo Animal – BLUP (Melhor Preditor Linear Não-Viesado) com adaptações pertinentes às abelhas.

Neste sentido, a metodologia Bayesiana tem proporcionado novas perspectivas a questões relacionadas à estimação de componentes de variância e parâmetros genéticos. Para isso, utiliza-se dos métodos de *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC), destacando-se a Amostragem de Gibbs que é aplicado para gerar

um valor para cada parâmetro desconhecido e apresenta fácil implementação, gerando distribuições posteriores marginais completas, a partir das quais são obtidas as estimativas dos componentes de variância e parâmetros genéticos (Faria et al., 2007).

A metodologia Bayesiana diferencia-se da metodologia estatística clássica, pois os parâmetros são vistos como variáveis aleatórias cujo comportamento é regulado por uma distribuição de probabilidade que se assume sobre seus possíveis valores, traduzindo uma informação a priori que se tenha sobre os parâmetros, antes mesmo de se obter os dados (Costa, 2009). O autor afirma ainda que em seguida, essa informação a priori é combinada com aquela proveniente dos dados, produzindo uma informação a posteriori sobre os parâmetros. Essa informação a posteriori se expressa na chamada distribuição a posteriori dos parâmetros, que é utilizada para se fazer inferência sobre os mesmos.

Segundo Van Tassel et al. (1995) o uso da amostragem de Gibbs permite análise de conjunto de dados maiores que os permitidos na metodologia REML. Mesmo utilizando rotinas para resolução de matrizes esparsas, propicia estimativas diretas e acuradas dos componentes de (co)variância e valores genéticos, bem como dos intervalos de confiança (no contexto Bayesiano, denominados de intervalos de credibilidade) da estimativa e pode ser usado em computadores de médio porte, devido à pequena quantidade de informação que mantém na memória.

Alguns trabalhos realizados com abelha *Apis mellifera*, mostram valores de herdabilidades variando de 0,20 a 0,58 para característica de produção de mel, podendo haver mudança conforme o método de estimação e efeitos ambientais incluídos nos modelos estatísticos (Bienefeld e Pirchner, 1990). Entretanto para a abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, as estimativas dos parâmetros genéticos para características produtivas e biométricas são inexistentes na literatura. Assim há a necessidade de realizar trabalhos que possam contribuir para a implantação de futuros programas de seleção de rainhas e colônias voltados para o aumento da produção desta subespécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIDAR, D.S. **A mandaçaia: biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae).** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, Série monografias, n. 4, p.1-104, 1996.

AIDAR, D.S. **A mandaçaia: biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae).** Ribeirão Preto: FUNPEC-Editora, 2010, 161p.

BATALHA-FILHO, H. **Distribuição geográfica, fitogeográfica e história evolutiva da abelha sem ferrão *Melipona quadrifasciata* (Hymenoptera-Apidae),** 2008. 56f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) Viçosa, MG, 2008.

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. **Anais...** Entomological Society of America, v. 84, 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.; LOBO, R.B. Heritability estimates of biological and behavioral traits of *Apis mellifera* bee colonies. **Ciência e Cultura**, v. 41, n. 5, p. 496-499, 1989.

CAMPOS, L.A.O.; PERUQUETTI, R.C. **Biologia e criação de abelhas sem ferrão**. Viçosa: Conselho de Extensão. Universidade Federal de Viçosa, Informe Técnico, 82. 1999. 38p.

COSTA, M.T.G.P.; SANCHES, A.; MUNARI, D.P. Estimação bayesiana de parâmetros genéticos de pesos corporais em um rebanho da raça guzerá. **Nucleus Animalium**, v.1, n.1, p. 48-60, 2009.

CRUZ, C.D. **Programa genes versão windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa: UFV, 2001.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; Góis, G.C.; Silva, C.M. da et al. Desenvolvimento produtivo de colmeias de abelhas *Melipona scutellaris*. **Biotemas**, v. 21, n.1, p. 59-64, 2008.

FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.

FARIA, C.U. de; MAGNABOSCO, C. de U.; REYES, A. de L. et al. Inferência Bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.

GONÇALVES, L.S.; KERR, W.E. Noções sobre genética e melhoramento em abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Confederação Brasileira de Apicultura, p. 8-36, 1970.

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).

GUIBU, L.S.; RAMALHO M.; KLEINERT-GIOVANNINI A.; IMPERATRIZ-FONSECA V.L. Exploração de Recursos Florais por colônias de *Melipona quadrifasciata* (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.48, n.2, p. 299-305, 1988

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; CONTRETA, F.A.L.; KLEINERT, A.M.P.A meliponicultura e a iniciativa brasileira dos polinizadores. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15, Natal, **Anais...** Natal: Confederação Brasileira de Apicultura, 2004. 1CD.

KERR, W.E. Genética e Biologia de Abelhas. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 25, n. 10, p. 927-934, 1973.

KERR W. E. Método de seleção para melhoramento genético em abelhas. **Magistra**, v.18, n.4, p.209-212, 2006.

KOOTS, K. R. et al. Analyses of published genetic parameter estimates for beef production traits. 1. Heritability. *Animal Breeding Abstract*, Edinburg, v.62, n.5, p. 309-338, 1994.

MALAGODI-BRAGA, K.S.; KLEINERT, A.M.P. Could *Tetragonisca angustula* Latreille (Apinae, Meliponini) be affective as strawberry pollinator in greenhouses? **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 55, n. 7, p. 771-773. 2004.

MONTEIRO, S.G.; LOBO, R.B. Métodos para estimativa de coeficiente de herdabilidade nas abelhas. **Zootecnia**, Nova Odessa, v. 31, n. 3/4, p. 113-124. 1993.

MONTEIRO, W.R. Meliponicultura (criação de abelhas sem ferrão): A mandaçaia. **Mensagem Doce**, n.57, 2000.

MORETI, A. C. C. C. Polinização: o principal produto das abelhas. In: CONGRESSO BAIANO DE APICULTURA E MELIPONICULTURA E III FEIRA ESTADUAL, 3. 2005, Vitória da Conquista-BA. Anais... Vitória da Conquista: SEAGRI, p. 28-63, 2005.

NUNES, L.A. **Estudo das populações de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) na região semi-árida do Estado da Bahia com base**

em caracteres morfológicos. 2008. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2008.

RINDERER, T.E.; COLLINS, A.M.; BROWN, M.A. Heritabilities and correlations of the honey bee: response to *Nosema Apis*, longevity and alarm response to Isopentyl Acetate. **Apidologie**, v. 14, p. 79-85, 1983.

ROBINSON, G. Bees & Genes. **Bee Culture**, v.128, n.12, p.20-23, 2000.

SCHWARZ, H.F. The genus *Melipona*. The type genus of Meliponidae or stingless bees. Bull. Amer. Nat. Hist. v. 63, p. 231-459. 1932.

SEARLE, S. R.; CASELLA, G.; MCCULLOCH, C. E. Maximum Likelihood (ML) and Restricted Maximum Likelihood (REML). In: VARIANCE Components. Ithaca: **John Wiley & Sons. Inc**, 1992. p. 232 - 257.

SOUZA, D.C. Melhoramento genético em abelhas (*Apis mellifera*). In: ENCONTRO DE GENÉTICA DO NORDESTE, 11. 1995. Natal. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Genética, 1995. p. 34.

SOUZA, D.C., CRUZ, C.D. e CAMPOS, L.A. de. Correlation between honey production and some morphological traits in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). **Ciência Rural**. 32: 869-872, 2002.

VAN ENGELSDORF, D.; OTIS, C.W. Application of a modified selection index for honey bees (Hymenoptera Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v.93, p. 1606-1612, 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: Departament of Agriculture/ Agricultural Research Service, 1995.

VENTURIERI, G.; RAIOL, V.J.F.O.; PEREIRA, C.A.B. Avaliação da introdução da criação racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponinae), entre os agricultores familiares de Bragança - PA, Brasil. **Biota Neotropical**, v. 3, n. 2, p. 01-07, 2003.

CAPÍTULO 1

PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E BIOMÉTRICAS EM ABELHA *Melipona quadrfasciata anthidioides* LEPELETIER¹

¹ Manuscrito ajustado conforme normas do periódico científico Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

1 **PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E**
2 **BIOMÉTRICAS EM ABELHA *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER**

3
4 **RESUMO:** Os objetivos deste trabalho foram estimar componentes de variância genética
5 aditiva, fenotípica e residual e a herdabilidade para características relacionadas com a
6 produção de mel e da estrutura do ninho de abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides*.
7 Sessenta colônias de diferentes regiões da Bahia foram transladadas para caixas padronizadas
8 modelo INPA e divididas, originando as gerações parentais, G1 e G2. Foram medidas as
9 características: estimativa da produção de mel; número, largura, volume e altura dos potes de
10 mel; número, altura e diâmetro dos potes de pólen; peso; número, largura e diâmetro dos
11 discos de cria e estimativa da população da colônia. As medidas foram corrigidas para o efeito
12 fixo de mês de mensuração. Os componentes de variância e herdabilidade foram estimados
13 por meio do método de semelhança entre parentes, utilizando abordagem Bayesiana. Houve
14 indicação de convergência para todas as cadeias obtidas. As estimativas de herdabilidade
15 variaram de 0,35 a 0,53. Os resultados demonstraram que as características avaliadas possuem
16 variação genética aditiva que garante boa resposta à seleção.

17
18 **Palavras-chave:** Avaliação genética, inferência Bayesiana, meliponicultura, seleção.

19
20 **GENETIC PARAMETERS FOR PRODUCTION AND BIOMETRICS TRAITS IN**
21 **HONEY BEE *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER**

22
23 **ABSTRACT:** The objectives of this study was to estimate components of genetic variance,
24 phenotypic and residual and heritability for traits related to the production of honey bee
25 *Melipona quadrifasciata anthidioides*. Sixty colonies from different regions of Bahia were
26 transferred to standard boxes INPA model and divided, giving rise to the parental, G1 and G2.
27 Characteristics were measured: estimated production of honey, number, width, height and
28 volume of the honey pots, number, height and diameter of pollen storage pots, weight,
29 number, length and diameter of the brood combs and estimate the population of the colony.
30 The measurements were corrected for the fixed effects of month of measurement. The
31 variance components and heritability were estimated by the method of similarity between
32 relatives using Bayesian approach. There was indication of convergence for all chains
33 obtained. The heritability estimates ranged from 0.35 to 0.53. The results showed that the

34 characteristics assessed have additive genetic variation that ensures good response to
35 selection.

36

37 **KEYWORDS:** Bayesian inference, Genetic evaluation, meliponiculture, selection.

38

39 **INTRODUÇÃO**

40 No Brasil existe uma grande diversidade de espécies de abelhas sociais sem ferrão, com
41 destaque para os meliponíneos, que possuem grande potencial para produção de mel.

42 As abelhas do gênero *Melipona quadrifasciata* são encontradas no território brasileiro
43 ao longo da costa leste, desde a Paraíba até o Rio Grande do Sul (Moure e Keer, 1950). Na
44 Bahia, a espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier possui ampla distribuição
45 nas regiões secas. Possui mel de sabor apreciável e agradável, com alguns estudos envolvendo
46 aspectos biológicos, morfológicos e genéticos (Aidar, 2010).

47 Os trabalhos realizados com esta espécie têm sido desenvolvidos para identificar
48 parâmetros que possam ser usados na seleção de características produtivas da colônia como o
49 número total de potes de alimento, a altura, o diâmetro e o volume dos potes de mel e de
50 pólen, o número de discos de cria (Evangeslita et al., 2008), o comprimento da glossa de
51 operárias (Souza et al., 2002) e o peso da rainha fisiogástrica (Barros, 2006). No entanto,
52 trabalhos envolvendo estudos relacionados ao melhoramento destas espécies são escassos.

53 O melhoramento genético constitui-se em uma ferramenta fundamental nos sistemas
54 de produção, por permitir a identificação dos melhores animais, resultando no aumento da
55 produtividade. Neste sentido, é de grande importância à estimação acurada dos parâmetros e
56 dos valores genéticos da população estudada.

57 Para proceder a avaliação genética de abelhas sem ferrão não é possível a estimação dos
58 componentes de variância utilizando os programas computacionais disponíveis para outras
59 espécies de interesse zootécnico, como por exemplo, bovinos, pois estas metodologias partem
60 do princípio de que a esperança do parentesco entre irmãos completos é 0,50; e entre tia e
61 sobrinha é de 0,25; o que não é o caso das abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides*, que
62 possuem comportamento monoândrico (Euán, 2005). Desta forma, é necessário utilizar
63 metodologias específicas, sendo que a inferência Bayesiana se destaca por permitir resolver
64 problemas por meio de integrações numéricas (Faria et al., 2007), além de permitir o uso de
65 uma pequena estrutura populacional, tornando o processo de avaliação mais preciso.

66 Faria et al. (2007), citam que dentre as metodologias usadas no melhoramento genético
67 animal, a análise Bayesiana apresenta-se como uma excelente alternativa para estimação dos

68 componentes de (co)variância e parâmetros genéticos. O autor cita ainda que esta metodologia
69 permite a obtenção de estimativas acuradas, apresentando maior flexibilidade, pelo fato de as
70 distribuições marginais posteriores gerarem inferências mais precisas.

71 No gênero *Apis mellifera* existem alguns trabalhos realizados que mostram valores de
72 herdabilidades variando de 0,20 a 0,58 para característica de produção de mel, podendo haver
73 mudança conforme o método de estimação e efeitos ambientais incluídos nos modelos
74 estatísticos (Bienefeld e Pirchner, 1990). Entretanto para a abelha *Melipona quadrifasciata*
75 *anthidioides* Lepeletier, as estimativas dos parâmetros genéticos para características
76 produtivas e biométricas são inexistentes na literatura.

77 Objetivou-se neste trabalho estimar os componentes de variância genética aditiva,
78 fenotípica e residual e a herdabilidade para as características relacionadas com a produção de
79 mel e da estrutura do ninho, que podem ser utilizadas em programas de seleção desta espécie.

80

81 MATERIAL E MÉTODOS

82 O trabalho foi desenvolvido no meliponário do Núcleo de Estudo dos Insetos –
83 INSECTA, do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal
84 do Recôncavo da Bahia - UFRB, município de Cruz das Almas – BA (12°39'20" W e 39°07'23"
85 S, altitude 220 m) durante o período de março de 2010 a julho de 2012.

86 Foram adquiridas sessenta colônias provenientes de diferentes cidades do estado da
87 Bahia, que após um período de aclimação de 30 dias, foram transladadas para caixas
88 padronizadas modelo INPA, consistindo de fundo (17x17 cm), ninho (medida interna
89 13x13x6,5 cm), sobreninho (medida interna 13x13x6,5 cm), melgueira (medida interna
90 13x13x5 cm) e tampa (17x17 cm). As colônias originais foram designadas de parentais e
91 foram divididas após 90 dias, dando origem à geração G1, que foram novamente divididas
92 após o mesmo período, originando a geração G2.

93 As divisões foram realizadas de acordo com o método de perturbação mínima (Oliveira
94 e Kerr, 2000), utilizando um módulo tipo ninho vazio com um da colônia a ser dividida. Nas
95 três gerações foram medidas as características peso da colônia (PESO); número, largura e
96 diâmetro dos discos de cria (NDC, LDC, DDC, respectivamente); estimativa da produção de
97 mel (PM); número, largura, volume e altura dos potes de mel (NPM, LPM, VPM, APM,
98 respectivamente); número, altura e diâmetro dos potes de pólen (NPP, APP, DPP,
99 respectivamente) e a estimativa da população (POP).

100 A variável PESO foi obtida pesando caixas vazias (n=5) para a obtenção da média e
101 subtraindo do peso da colônia, para se obter o peso líquido (discos de cria, cerume, potes

102 com alimento, geoprópolis e abelhas), utilizando balança digital, seguindo metodologia
 103 utilizada por Alves (2010). As características LDC e DDC; APP e DPP; LPM e APM foram
 104 obtidas com o auxílio de uma régua graduada. O VPM foi mensurado por meio da sucção do
 105 conteúdo dos potes, com auxílio de seringas descartáveis graduadas.

106 A PM foi estimada por meio da multiplicação do número total de potes de mel e a
 107 média do volume dos potes de mel da colônia.

108 Para POP primeiramente foi calculado o número de células de cria por meio da fórmula
 109 adaptada de Aidar (2010).

$$110 \quad N_c = dm \times nf \times k$$

111 Onde,

112 N_c = número de células de cria

113 dm = diâmetro médio dos favos de cria

114 nf = número de favos

115 $k = 25$ constante do número de células por área (número de células / diâmetro do favo)

116 para a espécie *Melipona quadrifasciata anthidioides*.

117 Assim a estimativa da POP foi obtida segundo a fórmula de Ihering (1932):

$$118 \quad Pop = nc + nc/2$$

119 Onde,

120 nc = número de células de crias existentes na colônia.

121 Considerando o grau de parentesco existente entre as abelhas *Melipona quadrifasciata*
 122 *anthidioides* (Figura 1), na qual todas as operárias são filhas de mesmo pai, o relacionamento
 123 das operárias com as filhas de suas irmãs é de 0,375 e com as filhas da rainha é de 0,25 (Euán,
 124 2005), o método da semelhança entre parentes (Falconer, 1987) foi utilizado para se obter os
 125 componentes de variância e herdabilidade. As medidas fenotípicas utilizadas foram corrigidas
 126 para efeito fixo de mês de mensuração. Foi empregado um modelo linear unicaracterística e
 127 os algoritmos foram implementados por meio do software WinBUGS (Spiegelhalter et al.,
 128 2003), que utiliza inferência bayesiana.

129 Foi considerado que as observações possuíam distribuição normal multivariada, pelo
 130 fato de existir uma estrutura de correlação entre as três gerações, ou seja,

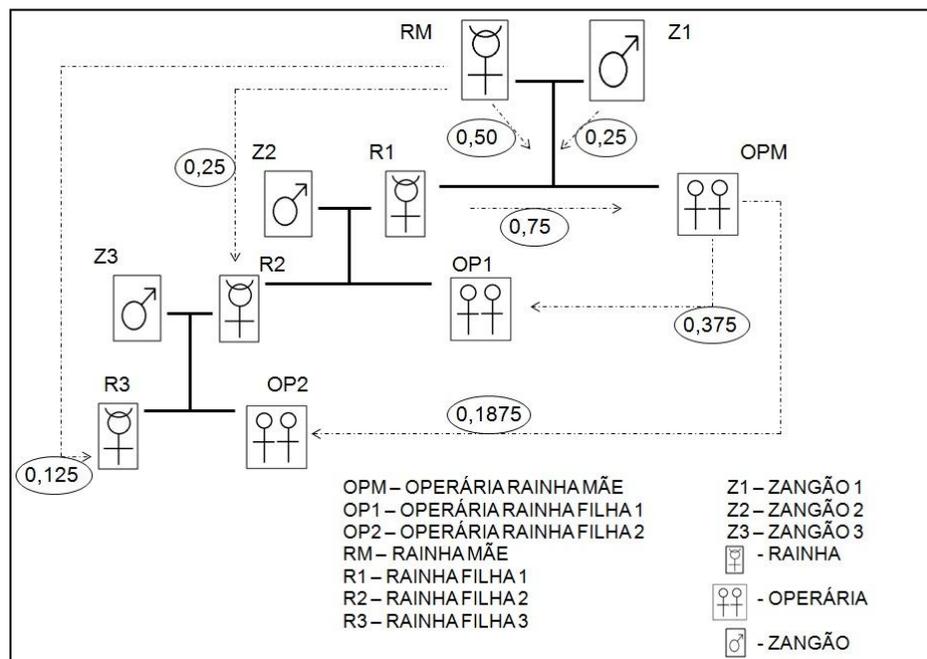
131 $y_{ij} \sim NMV(\mu_j, V_j)$, onde y_{ij} é a observação i , tomada na geração j , e V_j é a matriz de

132 (co)variância fenotípica. Foi assumida distribuição de Wishart invertida para a matriz V_j , isto

133 é, $V_j \sim IW(R_j, J)$, com $R_j = I_j = I_3$, em que I é matriz identidade e o parâmetro escala é igual

134 a 3.

135



136 Figura 1. Relação de parentesco entre rainhas (RM, R1, R2 e R3) e operárias (OPM, OP1 e
 137 OP2) de abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides*, nas gerações Parental, G1 e G2.

138

139 A variância genética foi calculada tomando-se como base que a covariância fenotípica
 140 entre parentes é igual ao coeficiente de parentesco multiplicado pela variância genética
 141 aditiva, adaptada para a seguinte forma:

$$\sigma_{a_k}^2 = \frac{n_1 \text{cov}(c_i, c_i + 1) \frac{3}{8} + n_2 \text{cov}(c_i, c_i + 1) \frac{3}{16}}{n_1 + n_2}$$

142

, em que:

143 $\sigma_{a_k}^2$ é a variância genética para a característica k ; n_1 é a soma do número de pares de
 144 observações entre tia e sobrinha, entre geração parental e G1, e entre G1 e G2; cov é a
 145 covariância; c_i é a colônia da geração i ; n_2 é o número de pares de observações entre tia-avó e
 146 sobrinha-neta, ou seja, entre geração parental e G2. Os coeficientes $3/8$ e $3/16$ referem-se ao
 147 parentesco entre colônia tia e sobrinha, que é igual a $0,375$ e entre colônia tia-avó e sobrinha-
 148 neta, que é de $0,1875$, respectivamente.

149 Foi construída uma matriz de parentesco específica para o caso de abelhas sociais sem
 150 ferrão, que possuem comportamento monoândrico, e implementada a equação de modelos
 151 mistos, por meio do sistema computacional R (R Development Core Team, 2009), para a
 152 obtenção das estimativas de efeitos fixos para as rainhas e colônias das três gerações, em
 153 todas as características avaliadas.

154 Para cada componente de (co)variância foram geradas 1.000.000 de amostras em um
 155 processo MCMC (Monte Carlo Cadeias de Markov). A edição e análise de convergência das
 156 cadeias foram realizadas utilizando-se o sistema computacional R (R Development Core
 157 Team, 2009). Os testes de convergência aplicados foram o de Geweke (1992) e o de
 158 Heidelberger e Welch (1983).

159

160 RESULTADOS E DISCUSSÃO

161 Na Tab. 1 encontram-se as médias e os desvios-padrão para as três gerações. Os
 162 resultados obtidos Os valores variaram de $2,01 \pm 0,70$ cm para diâmetro de potes de pólen
 163 (DPP) a $2333,0 \pm 384,1$ kg para o parâmetro peso (PESO).

164

165 Tabela 1. Médias e desvio-padrão das características número (NPM), largura (LPM), altura
 166 (APM) e volume dos potes de mel (VPM); número (NPP), altura (APP) e diâmetro dos potes
 167 de pólen (DPP); produção de mel (PM); peso da colônia (PESO), número (NDC), diâmetro
 168 (DDC) e largura dos discos de cria (LDC); e número de indivíduos (POP) em abelha
 169 *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).

Características	Média	Desvio-Padrão
NPM (un)	29,98	14,77
LPM (cm)	2,10	0,14
VPM (ml)	5,73	1,17
APM (cm)	2,65	0,28
NPP (un)	3,04	3,45
APP (cm)	2,91	0,50
DPP (cm)	2,01	0,70
PM (ml)	175,06	99,78
PESO (kg)	2333,00	384,10
NDC (un)	5,10	1,33
LDC (cm)	5,55	0,91
DDC (cm)	5,81	0,95
POP (un)	1116,67	350,38

170

171 Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Darakjiian (1989) e Alves (2007),
 172 em trabalhos realizados com espécies do mesmo gênero, onde encontraram valores que

173 variaram de 500 a 2000 para número de indivíduos; $3,02 \pm 0,43$ cm para altura de potes de
174 pólen e $2,48 \pm 0,90$ cm para diâmetro de potes de pólen, respectivamente. Os valores médios
175 encontrados para NDC foram de $5,10 \pm 1,33$ discos. Esse valor foi superior ao sugerido por
176 Aidar (2010) como ideal para divisão da colônia, onde no mínimo deve apresentar 5 discos de
177 cria, sendo que 3 devem ser pré-nascentes.

178 Por outro lado, os valores obtidos para a estimativa da PM, PESO, NPM e para VPM,
179 foram inferiores aos encontrados por Monteiro (2000), que cita que em ambiente natural esta
180 espécie pode produzir de 1,5 a 2,0 litros de mel/colônia, em boa florada, e criada
181 racionalmente a produtividade pode aumentar. Barros (2006) realizou trabalhos de seleção da
182 espécie *Melipona scutellaris* e encontrou valores de produção de mel que variaram de 4280,0
183 kg a 7980,0 kg; Dias et al. (2008), encontraram valores médios de 55,43 potes de mel em
184 colmeias de abelha Jandaíra (*Melipona subnitida*) alimentadas artificialmente; estudos com
185 volume médio de potes de mel, envolvendo a espécie *Melipona scutellaris*, indicam um
186 volume médio de 14,13 ml por pote (Alves et al., 2005).

187 Houve indicação de convergência para todas as cadeias por meio da utilização dos
188 testes de diagnósticos. As estimativas de variância genética aditiva obtida variaram de
189 $0,02 \pm 0,01$ a $4121,84 \pm 2374,69$, observando maior média para a característica PM e a menor
190 para LPM (Tab. 2). Para as estimativas de variâncias fenotípicas os valores variaram de
191 $0,05 \pm 0,07$ a $8168,88 \pm 1170,83$; e para as variâncias residuais os valores encontrados variaram
192 de $0,02 \pm 0,01$ a $4047,04 \pm 2347,37$ (Tab. 2). Assim como nas estimativas de variância genética
193 aditiva, o maior valor encontrado para variâncias fenotípicas e residuais foi para a
194 característica PM e o menor para a LPM, devido à magnitude destas características.

195 Os resultados obtidos indicam que a metodologia utilizada produziu estimativas
196 precisas dos componentes de variância, valores genéticos e intervalos de credibilidade,
197 podendo contribuir para um programa de seleção eficiente.

198 Utilizando a metodologia Bayesiana na avaliação de *Apis mellifera*, Costa-Maia et al.
199 (2011) recomendaram este tipo de abordagem na obtenção de estimativas mais acuradas, pois
200 pode ser aplicada sem restrições para dados desta natureza.

201 Segundo Nogueira et al. (2003), para se obter estimativas mais precisas, tendo em vista
202 a distribuição dos dados e a possibilidade de trabalhar com um pequeno tamanho da amostra,
203 a análise Bayesiana está sendo cada vez mais utilizada em experimentações zootécnicas.
204 Faquinello et al. (2011) utilizaram a análise Bayesiana para estimar os componentes de (co)
205 variância e parâmetros genéticos para produção de geleia real em abelhas africanizadas
206 considerando o genótipo da matriz em função das características de produção.

207 Tabela 2. Estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), variância fenotípica (σ_p^2), residual (σ_e^2) e de herdabilidade (h^2), e seus respectivos
 208 desvios-padrão (DP) e intervalos de credibilidade (entre parênteses), ao nível de 95%, para as características número (NPM), largura (LPM),
 209 volume (VPM) e altura dos potes de mel (PPM), número (NPP), altura (APP) e diâmetro dos potes de pólen (DPP) e produção de mel (PM),
 210 obtidas para abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).

211

Características	(σ_a^2)		(σ_p^2)		(σ_e^2)		(h^2)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
NPM	94,15 (6,52-191,80)	51,61	178,43 (135,20-236,60)	25,97	84,29 (4,60-186,77)	51,44	0,53 (0,03-0,97)	0,27
LPM	0,02 (0,0007-0,04)	0,01	0,05 (0,03-0,06)	0,07	0,02 (0,002-0,05)	0,01	0,40 (0,02-0,93)	0,26
VPM	0,51 (0,02-1,25)	0,35	1,23 (0,93-1,61)	0,17	0,72 (0,06-1,33)	0,34	0,41 (0,01-0,94)	0,27
APM	0,04 (0,001-0,10)	0,03	0,11 (0,08-0,14)	0,02	0,07 (0,01-0,12)	0,03	0,35 (0,01-0,90)	0,25
NPP	1,86 (0,06-5,00)	1,38	5,12 (3,90-6,76)	0,73	3,26 (0,43-5,67)	1,38	0,36 (0,01-0,91)	0,25
APP	0,05 (0,003-0,11)	0,03	0,09 (0,07-0,13)	0,02	0,05 (0,003-0,10)	0,03	0,51 (0,03-0,97)	0,28
DPP	0,04 (0,001-0,10)	0,03	0,09 (0,07-0,14)	0,02	0,06 (0,006-0,11)	0,03	0,39 (0,01-0,94)	0,27
PM	4121,84 (253,80-8707,00)	2374,69	8168,88 (6214,00-10790,00)	1170,83	4047,04 (241,00-8593,00)	2347,37	0,50 (0,03-0,97)	0,27

212 Os valores encontrados para variância genética aditiva (σ_a^2) variaram de 0,29 a
213 38587,72, sendo o maior valor observado para a variável PESO e o menor para DDC (Tab. 3).
214 Para os parâmetros de variância fenotípica os valores variaram de $0,65 \pm 0,09$ a
215 $95136,43 \pm 14005,45$; e para a variância residual os valores obtidos variaram de $0,31 \pm 0,18$ a
216 $56548,71 \pm 26208,79$ (Tab. 3). Observou-se a maior estimativa para a característica PESO e a
217 menor para a LDC tanto para variância fenotípica como para a residual, por causa da
218 magnitude das características.

219 Com relação às estimativas de herdabilidade (h^2), as mesmas variaram de 0,35 a 0,53
220 para as características produtivas (Tab. 2) e de 0,40 a 0,53 para as características biométricas
221 (Tab.3), indicando que estas características possuem boa resposta a seleção.

222 Os valores de herdabilidade obtidos foram superiores aos encontrados por Barros
223 (2006), que trabalhou com a espécie *Melipona scutellares*, encontrou valores de herdabilidade
224 de 0,16 para produção de mel. Soller e Bar-Cohen (1967) encontraram médias de
225 herdabilidade de 0,36 para produção de mel para a *Apis mellifera*. Já Rothenbuhler et al.
226 (1979) encontraram valores de 0,55 e 0,32 para coleta de xarope e Hellminch et al. (1985)
227 encontraram valores de 0,55 e 0,06 para coleta de pólen.

228 Costa-Maia et al. (2011) observaram estimativas de herdabilidade moderadas de 0,15 a
229 0,28 para comportamento higiênico em abelhas africanizadas. Faquinello et al. (2011)
230 relataram valores baixos de herdabilidade (0,01 a 0,08) em análise unicaracter para
231 características de produção de geleia real em sistema de recria e mini-recria, indicando que o
232 ambiente exerce considerável influência nessas características.

233 Neste estudo, as estimativas de variância genética aditiva (σ_a^2), variância fenotípica
234 (σ_p^2), variância residual (σ_e^2) e herdabilidade (h^2) para todas as características foram obtidas
235 com precisão, pois se encontram dentro dos intervalos de credibilidade. De maneira geral,
236 observa-se maior valor para a variância fenotípica, indicando que a mesma pode ser
237 responsável pela variação existente nas características avaliadas. Em trabalhos realizados com
238 o gênero *Apis*, encontraram estimativas de componentes de (co)variância com grande
239 precisão, e intervalos de credibilidade com baixas amplitudes, em análises unicaracter para a
240 característica comportamento higiênico (Costa-Maia et al. 2011).

241

242

243

244 Tabela 3. Estimativas dos componentes de variância genética aditiva (σ_a^2), fenotípica (σ_p^2) e
 245 residual (σ_e^2), e de herdabilidade (h^2), com seus respectivos intervalos de credibilidade (IC) e
 246 desvios-padrão (DP) para as características peso da colônia (PESO), número (NDC), largura
 247 (LDC) e diâmetro dos discos de cria (DDC) e estimativa da população (POP), obtidas para
 248 abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lapeletier (Hymenoptera: Apidae).

Características	Parâmetros	Média	DP	IC
PESO	(σ_a^2)	38587,72	26511,65	(1694,00-96080,00)
	(σ_p^2)	95136,43	14005,45	(72000,0-126800,0)
	(σ_e^2)	56548,71	26208,79	(6070,0-104040,0)
	(h^2)	0,40	0,26	(0,01-0,93)
NDC	(σ_a^2)	0,39	0,25	(0,02-0,91)
	(σ_p^2)	0,89	0,12	(0,68-1,16)
	(σ_e^2)	0,50	0,25	(0,04-0,95)
	(h^2)	0,43	0,27	(0,02-0,95)
LDC	(σ_a^2)	0,35	0,19	(0,02-0,70)
	(σ_p^2)	0,65	0,09	(0,49-0,85)
	(σ_e^2)	0,31	0,18	(0,02-0,67)
	(h^2)	0,53	0,27	(0,04-0,97)
DDC	(σ_a^2)	0,29	0,19	(0,01-0,68)
	(σ_p^2)	0,67	0,09	(0,51-0,87)
	(σ_e^2)	0,38	0,18	(0,03-0,71)
	(h^2)	0,43	0,27	(0,02-0,94)
POP	(σ_a^2)	23238,84	16458,63	(957,39-59550,00)
	(σ_p^2)	59758,86	8265,17	(45800,0-78180,0)
	(σ_e^2)	36520,02	16224,41	(4240,0-65146,0)
	(h^2)	0,38	0,26	(0,02-0,93)

249
 250 A alta amplitude dos intervalos de credibilidade pode estar relacionada com
 251 quantidade de informações existente no banco de dados da espécie estudada, visto que os

252 trabalhos com melhoramento da abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* ainda estão em
253 fase de implantação, existindo ainda dificuldades no que diz respeito à forma de coleta dos
254 dados e análises, bem como na estruturação desses bancos de dados.

255 Os resultados obtidos neste trabalho, com a utilização de análise unicaracter, foram
256 satisfatórios, com valores de herdabilidades de magnitude moderada a alta, entretanto, estudos
257 subsequentes devem ser realizados com o objetivo de obter a correlação genética entre essas
258 características.

259

260 CONCLUSÕES

261 As estimativas dos componentes de variância e de herdabilidade revelaram que as
262 características avaliadas podem ser utilizadas como critério de seleção em programas de
263 melhoramento da espécie de abelha *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier.

264

265 AGRADECIMENTOS

266 À FAPESB, pelo recurso financeiro referente aos termos de outorga PPP0064/2010,
267 BOL1836/2010 e BOL0529/2011, e ao CNPq pelas bolsas referentes aos processos
268 552415/2010-3 e 303237/2010-4.

269

270 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

271 AIDAR, D. S. **A mandaçaia: biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de**
272 **colônias de *Melipona quadrifasciata* Lep. (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae).** Ribeirão
273 Preto: FUNPEC-Editora, 2010, 161p.

274

275 ALVES, R. M. de O.; SOUZA, B. de A.; CARVALHO, C. A. L. de. Ninhos de *Melipona*
276 *scutellaris* em coqueiros na região do Litoral Norte e Metropolitana do Estado da Bahia.
277 *Mensagem Doce*, São Paulo, v. 1, n. 83, p. 10-13, 2005.

278

279 ALVES, R.. M. de O.; SOUZA, B. de A.; CARVALHO, C. A. L. de. Notas Sobre a Bionomia
280 de *Melipona mandacaia* (Apidae : Meliponini). *Magistra*, v. 19, n. 3, p. 177-264, 2007.

281

282 ALVES, R. M. de O. 2010. Avaliação de parâmetros biométricos e produtivos para seleção de
283 colônias da Abelha Uruçu (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811), 104f. Tese (Doutorado em
284 Ciências Agrárias). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Brasil.

285

- 286 BARROS, J. de R.S. Genetic breeding on the bee *Melipona scutellaris* (Apidae,
287 Meliponinae). *Revista Acta Amazônica*. v. 36, n 1, p. 115-120, 2006.
288
- 289 BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee
290 (*Apis mellifera carnica*). *Apidologie*, v.21, p.175-183, 1990.
291
- 292 COSTA-MAIA, F.M.; TOLEDO, V. de A.A.; MARTINS, E.N. et al. Estimates of covariance
293 componentes for hygienic behavior in Africanized honeybees (*Apis mellifera*). *Revista*
294 *Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.9, p.1909-1916, 2011.
295
- 296 DARAKJIAN, P. **Biologia geral da mandaçaia. Apicultura e Polinização**, n. 31, p. 24-25,
297 1989.
298
- 299 DIAS, V.H.P.; FILGUEIRA, M.A.; OLIVEIRA, F.L.; DIAS, A.M. Alimentação artificial à
300 base de mel e suas implicações no desenvolvimento de famílias de abelhas jandaíras
301 (*Melipona subnitida* Ducke) em Mossoró – RN. *Revista Verde de Agroecologia e*
302 *Desenvolvimento Sustentável*. v. 1, n.3, p.40-44, 2008.
303
- 304 EUÁN, J.J.G.Q. **Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán,**
305 **Mexico (Hymenoptera: Meliponini)**. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, 2005.
306 115p.
307
- 308 EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; GÓIS, G.C.; SILVA, C.M. Desenvolvimento produtivo
309 de colmeias de abelhas *Melipona scutellaris*. *Biotemas*, v. 21, p. 59-64, 2008.
310
- 311 FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
312
- 313 FARIA, C.U. de; MAGNABOSCO, C. de U.; REYES, A. de L. et al. Inferência Bayesiana e
314 sua Aplicação na Avaliação Genética de Bovinos da Raça Nelore: Revisão Bibliográfica.
315 *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.
316
- 317 FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N. et al. Parameters for royal jelly
318 production in Africanized honeybees. *Sociobiology*, v.57, n.3, 495-509, 2011.
319

- 320 GEWEKE, J.; BERNARDO, J.M.; BERGER, J. et al. Evaluating the accuracy of sampling-
321 based approaches to the calculation of posterior moments (with discussion). In: Bayesian
322 statistics, 4^a ed. **Oxford**: Oxford University Press, p.169-193, 1992.
- 323
- 324 HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial
325 transient. *Operations Research*, v.31, p.1109-1144, 1983.
- 326
- 327 HELLMICH, R. L.; KULINCEVIC, J. M.; ROTHENBULER, W. C. Selection for high and
328 low pollen-hoarding honey bees. *Journal of Heredity*, v. 76, p. 155-158, 1985.
- 329
- 330 IHERING, H.A. Uruçu na Apicultura Nordestina. **Chácaras e Quintais**. v. 46, p. 292-296,
331 1932.
- 332
- 333 MONTEIRO, W. R. Meliponicultura (Criação de abelhas sem ferrão). *Mensagem Doce*, v. 57,
334 p. 1517, 2000.
- 335
- 336 MOURE, J. S.; KERR, W. E. Sugestões para modificação da sistemática do gênero *Melipona*
337 (Hymenoptera, Apoidea). *Dusenía*, v.18, p. 105-29, 1950.
- 338
- 339 NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, T.; BEARZOTI, E.; BUENO FILHO, J.S. de S. Análises
340 clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração.
341 *Ciência e Agrotecnologia*, p.1614-1624, 2003.
- 342
- 343 OLIVEIRA F.; KERR, W.E. **Divisão de uma colônia de jupará** (*Melipona compressipes*
344 *manaosensis*) usando-se uma colmeia e o método de Fernando Oliveira. INPA. v. 10, 2000.
- 345
- 346 R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical**
347 **computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0,
348 URL <http://www.R-project.org>. 2009.
- 349
- 350 ROTHENBULER, W. C.; KULINCEVIC, J. M., THOMPSON, V. C. Successful selection of
351 honeybees for fast and hoarding of sugar syrup in the laboratory. *Journal of Apicultural*
352 *Research*. v. 18, p. 272-278, 1979.
- 353

- 354 SOLLER, M.; BAR-COHEN, R. Some observations on the heritability and genetic
355 correlation between honey production and brood area in the honeybee. *Journal of Apicultural*
356 *Research*. v. 6, p. 37-43, 1967.
- 357
- 358 SOUZA, D.C.; CRUZ, C.D.; CAMPOS, L.A. de. Correlation between honey production and
359 some morphological traits in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Ciência Rural*. v. 32,
360 p. 869-872, 2002.
- 361
- 362 SPIEGELHALTER, D.; THOMAS, A.; BEST, N.; LUNN, D. **WinBUGS User Manual:**
363 **Version 1.4.** Cambridge: MRC Bioestatics Unit, 2003.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO GENÉTICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER¹

¹ Manuscrito ajustado conforme normas do periódico científico Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

1 **AVALIAÇÃO GENÉTICA DE ABELHAS *Melipona quadrifasciata anthidioides***
2 **LEPELETIER**

3
4 **Resumo:** O objetivo deste trabalho foi avaliar geneticamente colônias e rainhas de *Melipona*
5 *quadrifasciata anthidioides* Lepeletier para características relacionadas com a produção de
6 mel. Sessenta colônias parentais foram divididas, originando as gerações G1 e G2. Foram
7 medidas as características produção de mel, número, largura, altura e volume dos potes de
8 mel. Foi utilizado o método da semelhança entre parentes para a obtenção das estimativas dos
9 componentes de variância e da herdabilidade. As medidas fenotípicas foram corrigidas para
10 efeito fixo de mês de mensuração. Foi empregado um modelo linear unicaracterística,
11 utilizando abordagem Bayesiana. Foram obtidos os valores genéticos preditos para todas as
12 características, utilizando-se um modelo animal contendo o efeito fixo de mês de mensuração
13 e o efeito aleatório genético aditivo. Foi realizada a seleção das melhores rainhas e colônias
14 por meio de uma classificação, baseada no valor genético. O ganho genético das
15 características avaliadas foi calculado através da média de produção das colônias. As
16 estimativas de herdabilidade variaram de 0,25 a 0,53. Observou-se pouca alteração na
17 classificação das rainhas, nas características avaliadas. O ganho genético por colônia mostrou
18 que existe a possibilidade de aumento de produção na geração seguinte.

19

20 **Palavras-chave:** Melhoramento genético, meliponíneos, parâmetros genéticos, seleção.

21

22 **GENETIC EVALUATION OF *Melipona quadrifasciata anthidioides* LEPELETIER**
23 **BEEES**

24

25 **Abstract:** The objective of this study was to evaluate genetically colonies and queens of
26 *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier for characteristics related to the production
27 of honey. Sixty parental colonies were divided, giving the G1 and G2 generations. Were
28 measured honey production, number, width, height and volume of the honey pots. Was used
29 the method of similarity between relatives to obtain estimates of variance components and
30 heritability. The phenotypic measures were corrected for fixed effects of month of
31 measurement. Was employed a linear model in single trait using Bayesian approach. Were
32 obtained the predicted breeding values for all traits, using an animal model containing fixed
33 effects of month of measurement and additive genetic random effect. Was performed the

34 selection of the best queens and colonies through a classification based on genetic value. The
35 genetic gain of evaluated traits was calculated using the average production of the colonies.
36 Heritability estimates ranged from 0.25 to 0.53. There was little change in the classification
37 of queens, in the traits evaluated. The genetic gain per colony showed that it is possible to
38 increase production in the next generation.

39

40 **Keywords:** Genetic breeding, genetic parameters, selection, stingless bees.

41

42 **INTRODUÇÃO**

43 O progresso genético de uma população depende da identificação e do acasalamento
44 dos indivíduos superiores. Neste sentido, o estudo dos fatores que estão envolvidos na
45 expressão do fenótipo dos animais torna-se ferramenta essencial. Segundo Souza et al. (2002)
46 o conhecimento da relação entre o valor genético e o valor fenotípico é de fundamental
47 importância, quando se deseja melhorar alguma característica de uma dada população.

48 Em meliponíneos, conhecidos popularmente como abelhas sociais sem ferrão, os
49 estudos têm se concentrado basicamente em análises biomoleculares, determinação sexual,
50 biodiversidade e conservação (Aidar, 1996). Estas abelhas desempenha importante papel na
51 polinização, destacando-se também pela exploração dos seus produtos. Dentre eles, o mel
52 apresenta uma demanda crescente de mercado (Venturieri et al., 2003).

53 Na Bahia, dentre outras espécies, destaca-se a *Melipona quadrifasciata anthidioides*
54 Lepeletier (Hymenoptera: Apidae), com ampla distribuição nas regiões mais secas do Estado
55 e pela produção de mel com sabor agradável (Monteiro, 2000; Alves et al., 2006). No
56 entanto, o potencial econômico dos meliponíneos para produção de mel e derivados ainda é
57 pouco explorado comercialmente (Cortopassil-Laurino et al., 2006) e, aliado a falta de
58 estudos envolvendo melhoramento genético de suas colônias, torna-se um obstáculo para o
59 aumento do consumo.

60 O principal objetivo no melhoramento genético é a obtenção, por meio de seleção, de
61 linhagens que apresentem características desejáveis (Rinderer, 2008). No entanto, a eficiência
62 de um programa de seleção está baseada essencialmente na estimativa acurada dos
63 parâmetros genéticos (Robinson, 2000).

64 Para proceder a avaliação genética de abelhas sem ferrão não é possível a estimação
65 dos componentes de variância utilizando os programas computacionais disponíveis para
66 outras espécies de interesse zootécnico, como por exemplo, bovinos, pois estas metodologias

67 partem do princípio de que a esperança do parentesco entre irmãos completos é 0,50; e entre
68 tia e sobrinha é de 0,25; o que não é o caso das espécies de abelhas sem ferrão que possuem
69 comportamento monoândrico. Desta forma, é necessário utilizar uma metodologia específica,
70 sendo que a inferência Bayesiana se destaca por permitir resolver problemas por meio de
71 integrações numéricas (Faria et al. 2007), além de permitir o uso de uma pequena estrutura
72 populacional, tornando o processo de avaliação mais preciso.

73 Dentre as metodologias usadas no melhoramento genético animal, a análise Bayesiana
74 apresenta-se como uma excelente alternativa para estimação dos componentes de
75 (co)variância e parâmetros genéticos, pois permite a obtenção de estimativas acuradas,
76 apresentando maior flexibilidade, pelo fato de as distribuições marginais posteriores gerarem
77 inferências mais precisas (Faria et al.,2007).

78 Em *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier, as estimativas dos parâmetros
79 genéticos para características ligadas a produção de mel são inexistentes na literatura. Neste
80 sentido, objetivou-se avaliar geneticamente colônias e rainhas de *Melipona quadrifasciata*
81 *anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae), para características relacionadas com a
82 produção de mel, visando a seleção.

83

84 MATERIAL E MÉTODOS

85 Foram adquiridas sessenta colônias originadas de diferentes regiões do Estado da
86 Bahia. As colônias ficaram alojadas no Núcleo de Estudo dos Insetos – INSECTA, do Centro
87 de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas da Universidade Federal do Recôncavo da
88 Bahia - UFRB, município de Cruz das Almas – BA (12°39'20 W e 39°07'23 S, altitude 220 m),
89 e após um período de aclimação de 30 dias foram trasladadas para caixas padronizadas
90 modelo INPA, contendo fundo (17x17 cm), ninho (medida interna 13x13x6,5 cm),
91 sobreninho (medida interna 13x13x6,5 cm), melgueira (medida interna 13x13x5 cm) e tampa
92 (17x17 cm). As colônias originais foram designadas de parentais, e divididas após 90 dias,
93 originando a geração G1, que foram novamente divididas após o mesmo período, originando
94 a geração G2. O trabalho foi realizado entre o período de março de 2010 a julho de 2012.

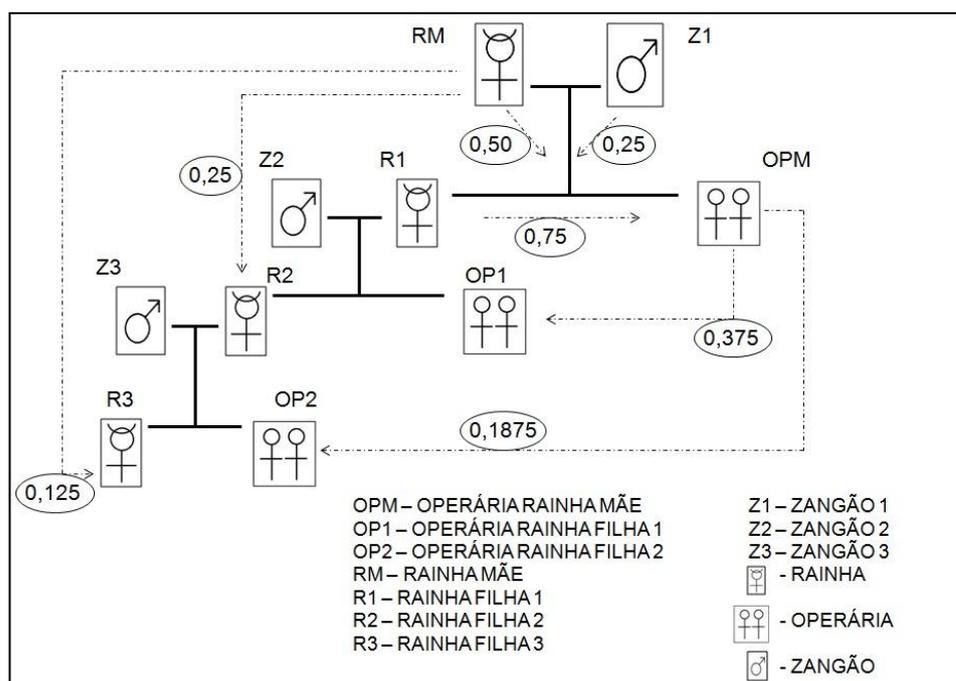
95 As divisões foram realizadas de acordo com o método de perturbação mínima (Oliveira
96 e Kerr, 2000), utilizando um módulo tipo ninho vazio com um da colônia a ser dividida. Nas
97 três gerações foram medidas as estimativas da produção de mel (PM); número, largura,
98 volume e altura dos potes de mel (NPM, LPM, VPM, APM, respectivamente).

99 As características LPM e APM foram obtidas com o auxílio de uma régua graduada. O
 100 VPM foi mensurado por meio da sucção do conteúdo dos potes, com auxílio de seringas
 101 descartáveis graduadas. A PM foi estimada por meio da multiplicação do número total de
 102 potes de mel ($n=15$) e a média do volume dos potes de mel da colônia.

103 Para a avaliação genética, inicialmente, as medidas fenotípicas utilizadas foram
 104 corrigidas para efeito fixo de mês de mensuração.

105 A obtenção das estimativas dos componentes de variância e da herdabilidade foi
 106 realizada pelo método da semelhança entre parentes (Falconer, 1987), considerando o grau de
 107 parentesco existente entre as abelhas sem ferrão (Figura 1), onde todas as operárias são filhas
 108 de mesmo pai, o relacionamento das operárias com as filhas de suas irmãs é de 0,375 e com
 109 as filhas da rainha é de 0,25 (Euán, 2005). Foi empregado um modelo linear unicaracterística
 110 e os algoritmos foram implementados por meio do software WinBUGS (Spiegelhalter et al.,
 111 2003), que utiliza inferência bayesiana.

112



113 Figura 1. Relação de parentesco entre rainhas (RM, R1, R2 e R3) e operárias (OPM,
 114 OP1 e OP2) de abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides*, nas gerações Parental, G1 e
 115 G2.

116

117 Foi considerado que as observações possuíam distribuição normal multivariada, pelo
 118 fato de existir uma estrutura de correlação entre as três gerações, ou seja,

119 $y_{ij} \sim NMV(\mu_j, V_j)$, onde y_{ij} é a observação i , tomada na geração j , e V_j é a matriz de
 120 (co)variância fenotípica. Foi assumida distribuição de Wishart invertida para a matriz V_j , isto
 121 é, $V_j \sim IW(R_j, J)$, com $R_j = I_j = I_3$, em que I é matriz identidade e o parâmetro escala é igual
 122 a 3.

123 A variância genética foi calculada tomando-se como base que a covariância fenotípica
 124 entre parentes é igual ao coeficiente de parentesco multiplicado pela variância genética
 125 aditiva, da seguinte forma adaptada:

$$\sigma_{a_k}^2 = \frac{n_1 cov(c_i, c_i + 1) \frac{3}{8} + n_2 cov(c_i, c_i + 1) \frac{3}{16}}{n_1 + n_2}$$

127 , em que:

128 $\sigma_{a_k}^2$ é a variância genética para a característica k ; n_1 é a soma do número de pares de
 129 observações entre tia e sobrinha, entre geração parental e G1, e entre G1 e G2; cov é a
 130 covariância; c_i é a colônia da geração i ; n_2 é o número de pares de observações entre tia-avó e
 131 sobrinha-neta, ou seja, entre geração parental e G2. Os coeficientes 3/8 e 3/16 referem-se ao
 132 parentesco entre colônia tia e sobrinha, que é igual a 0,375 e entre colônia tia-avó e sobrinha-
 133 neta, que é de 0,1875, respectivamente (Figura 1).

134 Para cada componente de (co)variância foram geradas 1.000.000 de amostras em um
 135 processo MCMC (Monte Carlo Cadeias de Markov). A edição e análise de convergência das
 136 cadeias foram realizadas utilizando-se o sistema computacional R (R Development Core
 137 Team, 2009). Os testes de convergência aplicados foram o de Geweke (1992) e o de
 138 Heidelberger e Welch (1983).

139 Após a edição das cadeias, foi construída a matriz de parentesco específica para abelhas
 140 sem ferrão e implementada a equação de modelos mistos, por meio do sistema computacional
 141 R (2009), para a obtenção das estimativas de efeitos fixos e valores genéticos para as rainhas
 142 e colônias das três gerações, em todas as características avaliadas.

143 As rainhas de todas as colônias foram marcadas na região do dorso, usando tinta
 144 atóxica. O banco de dados contou com um total de 122 rainhas e 122 colônias identificadas
 145 numericamente. Com o objetivo de identificar as rainhas e colônias com maior valor genético
 146 foi realizada uma classificação, foram selecionadas as dez melhores, para cada característica
 147 avaliada.

148 O ganho genético foi calculado com base na produção das dez melhores colônias, para
149 cada característica avaliada, por meio da fórmula adaptada de Pereira (2008).

150
$$\Delta G = \Delta S \times h^2$$
, onde

151 ΔG = é o Ganho Genético

152 ΔS = é a diferença entre a média da População Seleccionada e da População Inicial

153 h^2 = é a herdabilidade da característica

154

155 RESULTADOS E DISCUSSÃO

156 As médias e os desvios-padrão para a produção de mel (PM); números de potes de mel
157 (NPM); largura de potes de mel (LPM); altura dos potes de mel (APM) e volume de potes de
158 mel (VPM) foram de 175,06±99,78 g; 29,98±14,77; 2,10±0,14 cm; 2,65±0,28 cm e
159 5,73±1,17 ml, respectivamente. Os resultados estão dentro da média de produção para esta
160 espécie, porém, os resultados obtidos para a característica PM foram inferiores aos
161 encontrados por Monteiro (2000), que cita que em ambiente natural esta espécie pode
162 produzir de 1500 a 2000 ml de mel/colônia, em boa florada, e criada racionalmente a
163 produtividade pode aumentar.

164 Barros (2006) realizou trabalhos de seleção da espécie *Melipona scutellaris*, e
165 encontrou valores de produção de mel que variaram de 4280,0 kg a 7980,0 kg. Os valores
166 para a característica NPM foram inferiores aos obtidos por Dias et al. (2008), onde
167 encontraram valores médios de 55,43 potes de mel em colmeias de abelha Jandaíra
168 (*Melipona subnitida*) alimentadas artificialmente. Comportamento semelhante foi observado
169 para a característica VPM, havendo estudos envolvendo a espécie *Melipona scutellaris* que
170 indicam um volume médio de 14,13 ml por pote (Alves et al., 2005).

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

173 Os valores de herdabilidade foram de magnitude moderada a alta, que variaram de
174 0,35±0,25 a 0,53±0,27, observando menor média para a característica APM e maior média
175 para NPM (Tab. 1). Os valores encontrados demonstraram que as características sofrem
176 grande influência da genética e que as mesmas poderiam ser incluídas em programas de
177 melhoramento genético. De acordo com Branderburgo et al. (1989), a herdabilidade
178 constitui-se uma estimativa de relevância importância na predição da resposta biológica de
179 uma característica nos programas de melhoramento.

180 Os valores de herdabilidade obtidos são superiores aos encontrados por Barros (2006),
 181 que trabalhou com a espécie *Melipona scutellares*, e encontrou valores de herdabilidade de
 182 0,16 para produção de mel e os encontrados por Brandeburgo et al. (1989) que encontraram
 183 valores de 0,02 a 0,05, para comportamento defensivo; 0,14 para área de cria e de 0,09 para
 184 área com mel para o gênero *Apis*. No entanto, Pegoraro et al. (1999), trabalhando com *Apis*
 185 *mellifera*, encontraram coeficientes superiores, 0,66 para produção de mel e 0,42 para área de
 186 mel, e de 0,97 para área de pólen.

187

188 Tabela 1. Estimativas de herdabilidade (h^2) com seus desvios-padrão (DP) e intervalos de
 189 credibilidade (IC), ao nível de 95%, para as características produção de mel (PM); número
 190 (NPM), largura (LPM), altura (APM); e volume dos potes de mel (VPM), obtidas em abelhas
 191 *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).

	Características				
	PM	NPM	LPM	APM	VPM
Herdabilidade	0,50	0,53	0,40	0,35	0,41
DP	0,27	0,27	0,26	0,25	0,27
IC	(0,03-0,97)	(0,03-0,97)	(0,02-0,93)	(0,01-0,90)	(0,01-0,94)

192

193 Em trabalhos realizados com abelhas do gênero *Apis*, Soller e Bar-Cohen (1967) e Bar-
 194 Cohen et al. (1978), encontraram médias que variaram de 0,23 e 0,58 para produção de mel.
 195 Brandeburgo et al. (1989), citam que em abelhas deste gênero, baixas herdabilidades são
 196 encontradas normalmente para características adaptativas de reprodução. Estudando outras
 197 características em abelhas *Apis mellifera*, Rothenbuler et al. (1979) encontraram valores de
 198 0,55 e 0,32 para coleta de xarope e Hellminch et al. (1985) encontraram valores de $0,55 \pm 0,16$ e
 199 $0,06 \pm 0,19$ para coleta de pólen.

200 Estudos envolvendo a estimação da herdabilidade para características ligadas a
 201 produção de mel em abelhas do gênero *Apis* têm sido realizados por diversos autores
 202 (Brandeburgo et al., 1989; Pergoraro et al., 1999; Rothenbuler et al., 1979), porém, estas
 203 abelhas possuem características morfológicas e estruturais em suas colônias que as
 204 diferenciam das abelhas do gênero *Melipona*, havendo a necessidade de desenvolver
 205 metodologias adequadas para este gênero, permitindo a obtenção acurada de parâmetros
 206 genéticos.

207 Neste trabalho os resultados obtidos permitiram observar que a genética exerce
 208 considerável influência nas características avaliadas e que a seleção poderá ser utilizada de
 209 maneira eficiente para promover o melhoramento genético destas características.

210 Na Tab. 2 encontram-se a classificação das dez melhores rainhas selecionadas para
 211 cada característica avaliada.

212

213 Tabela 2. Classificação das dez melhores rainhas de *Melipona quadrifasciata anthidioides*
 214 Lepeletier (Hymenoptera: Apidae) para as características produção de mel (PM), número
 215 (NPM), largura (LPM), altura (APM) e volume dos potes de mel (VPM).

Classificação	Características				
	LPM	NTPM	APM	VPM	PM
1	14	8	10	10	8
2	10	14	14	14	14
3	18	10	8	18	10
4	8	18	12	8	18
5	12	12	18	12	12
6	136	246	176	272	246
7	240	146	72	234	146
8	244	152	136	130	148
9	130	142	272	136	142
10	272	42	234	166	170

216

217 Foram avaliadas 122 rainhas e selecionadas as 10 melhores, de acordo com o seu valor
 218 genético. Observa-se que houve pouca alteração na classificação das cinco melhores rainhas,
 219 para as características avaliadas. As rainhas número 8, 10, 12, 14 e 18 estão entre as melhores
 220 em todas as características (Tab. 2).

221 Todas as médias obtidas para as características LPM, NPM, APM, VPM e PM foram
 222 maiores na população selecionada. As médias variaram de 2,35 cm para LPM a 363,77 ml
 223 para PM (Tab. 3). O maior Ganho Genético foi obtido para a PM e o NPM.

224 Os resultados indicam que se a população selecionada fosse usada como pais, à geração
 225 seguinte teria um aumento de 54,30% para PM e 46,50% para NPM. Resultados semelhantes
 226 foram obtidos por Toledo e Mouro (2005), que realizaram trabalhos com produção de geleia
 227 real em colônias de abelhas *Apis mellifera*, em comparação às africanizadas selecionadas para

228 a produção de geleia real e africanizadas selecionadas para mel com cárnicas híbridas. Os
 229 resultados mostraram que as abelhas selecionadas apresentaram maior porcentagem de
 230 produção de geleia real/colônia/coleta, 55,21% (P=0,0001) (Toledo e Mouro, 2005).
 231 Vencovsky e Kerr (1982) sugeriram que escolhendo, no apiário, 25% das piores rainhas e
 232 substituindo-as por filhas das 25% melhores, aumenta-se sua produtividade nas próximas
 233 gerações em até 20%.

234

235 Tabela 3. Médias das características produção de mel (PM); número (NPM), largura (LPM),
 236 altura (APM); e volume dos potes de mel (VPM), e seus respectivos Ganhos Genéticos,
 237 obtidas na População Inicial e na População Selecionada, em abelhas *Melipona*
 238 *quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Hymenoptera: Apidae).

Características	População Inicial	População Selecionada	Ganho Genético	Ganho (%)*
LPM (cm)	2,10	2,35	0,10	4,77
NPM (un)	29,98	56,40	14,00	46,50
APM (cm)	2,65	3,16	0,18	6,79
VPM (ml)	5,73	8,15	1,00	17,45
PM (ml)	175,06	363,77	94,35	54,30

239 * % do incremento produtivo obtido após a seleção.

240

241 As características APM, LPM e o VPM obtiveram os menores ganhos genéticos, porém
 242 os mesmos foram positivos. As abelhas foram transladadas para caixas racionais,
 243 padronizadas modelo INPA, na qual a melgueira, local onde ficavam os potes de mel, possuía
 244 medida interna fixa de 13x13x5 cm, ou seja, o ganho genético pode ser limitado à altura da
 245 melgueira, pois não teria como os potes serem mais profundos se não existe espaço para isso.
 246 O volume do pote de mel está relacionado com o tamanho dos potes, sendo que o maior
 247 volume encontrado permite uma maior produção com menor gasto de cera na construção
 248 (Alves et al., 2005).

249 Os valores de ganho genético obtidos para a produção de mel foram superiores aos
 250 encontrados por Barros (2006), que desenvolveu trabalho com melhoramento da *Melipona*
 251 *scutellaris* para produção de mel, usando 10 colônias, objetivando a seleção e troca de
 252 rainhas de colônias mais produtivas. Ainda, segundo Barros (2006), a superioridade das
 253 colônias selecionadas pode ser verificada através do ganho genético (9,01 g) e da resposta à

254 seleção (7,98 g/dia) nos três grupos envolvidos na substituição rainha, indicado que houve
255 um melhoramento genético nestes grupos. O autor sugere ainda que 10 colônias formam um
256 grupo muito pequeno e isso sugere que as experiências deste tipo devem ser feitas com 50 ou
257 mais colônias.

258 Em programas de melhoramento, o intenso processo de seleção, com expressivo
259 emprego de informações referentes ao valor genético, pode gerar um progresso genético
260 considerável para características relacionadas com a produção de mel. Porém, este processo
261 deve ser continuado, no intuito de manter sempre os melhores indivíduos no sistema de
262 produção e garantir que os mesmos possam manter uma produtividade ideal.

263 Em abelhas do gênero *Melipona* estas informações ainda não são usadas no processo de
264 escolha das colônias mais produtivas, o que pode resultar em ganhos genéticos muito aquém
265 daqueles que seriam obtidos caso os animais fossem selecionados com base nos seus valores
266 genéticos. Em geral, esta situação ocorre pelo fato dos meliponicultores não terem acesso à
267 informações e/ou por não saberem interpretá-las, pela falta de controle zootécnico, entre
268 outros fatores.

269 Dessa forma, é importante que as estratégias utilizadas sejam direcionadas para
270 características que tenham reflexo imediato sobre a renda do produtor e eficiência da
271 produtividade ou para a redução dos custos de produção.

272 A avaliação genética de rainhas para a produção de mel possibilitou a seleção de
273 indivíduos geneticamente superiores, com colônias mais adaptadas para o meio no qual será
274 criada, entretanto, ainda há a necessidade da realização de estudos subsequentes para
275 obtenção das estimativas de correlação genética entre essas características, o que permitirá
276 avaliar a interferência de uma característica sobre a outra, podendo contribuir para a redução
277 do número de características avaliadas nos programas de seleção.

278

279 **CONCLUSÕES**

280 Os resultados mostraram que o uso das rainhas selecionadas garante o incremento na
281 produção de mel de até 54,30% por geração.

282

283 **AGRADECIMENTOS**

284 Agradecemos a FAPESB pelo recurso financeiro referente aos termos de outorga
285 PPP0064/2010, BOL1836/2010 e BOL0529/2011, e ao CNPq pelas bolsas referentes aos
286 processos 552415/2010-3 e 303237/2010-4.

287 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

288 AIDAR, D. S. **Biologia de abelhas, manejo e multiplicação artificial de colônias de**
289 ***Melipona quadrifasciata* Lep, (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae)**. Gráfica e Editora
290 F.C.Â. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, Série Monografias n. 4, 1996, 104p.

291
292 ALVES, R. M. de O.; SOUZA, B. de A.; CARVALHO, C. A. L. de. Ninhos de *Melipona*
293 *scutellaris* em coqueiros na região do Litoral Norte e Metropolitana do Estado da Bahia.
294 *Mensagem Doce*, São Paulo, v. 1, n. 83, p. 10-13, 2005.

295
296 ALVES, R. M. O. et al . Espectro polínico de amostras de mel de *Melipona mandacaia*.
297 *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, v. 28, p. 66-70, 2006.

298
299 BAR-COHEN, R.; ALPERN, G.; BAR-ANAN, R. Progeny testing and selecting Italian
300 queens for brood area and honey production. *Apidologie*, v.9, p.95-100, 1967.

301
302 BARROS, J. de R.S. Genetic breeding on the bee *Melipona scutellaris* (Apidae,
303 Meliponinae). *Revista Acta Amazônica*. v. 36, n.1, p. 115-120, 2006.

304
305 BRANDEBURGO, M.A.M.; GONÇALVES, L.S.; LOBO, R.B. Heritability estimates of
306 biological and behavioral traits of *Apis mellifera* bee colonies. *Ciência e Cultura*, v. 41, n. 5,
307 p. 496-499, 1989.

308
309 CORTOPASSI-LAURINO, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; ROUBIK, D. W. et al.
310 Global Meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie*, v. 37. 2006.

311
312 DIAS, V.H.P.; FILGUEIRA, M.A.; OLIVEIRA, F.L.; DIAS, A.M. Alimentação artificial à
313 base de mel e suas implicações no desenvolvimento de famílias de abelhas jandaíras
314 (*Melipona subnitida* Ducke) em Mossoró – RN. *Revista Verde de Agroecologia e*
315 *Desenvolvimento Sustentável*. v. 1, n.3, p.40-44, 2008.

316
317 EUÁN, J.J.G.Q. **Biología y uso de las abejas sin aguijón de la península de Yucatán,**
318 **Mexico (Hymenoptera: Meliponini)**. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán, 2005.
319 115p.

- 320 FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
321
- 322 FARIA, C.U. de; MAGNABOSCO, C. de U.; REYES, A. de L. et al. Inferência Bayesiana e
323 sua Aplicação na Avaliação Genética de Bovinos da Raça Nelore: Revisão Bibliográfica.
324 *Ciência Animal Brasileira*, v. 8, n. 1, p. 75-86, 2007.
325
- 326 GEWEKE, J.; BERNARDO, J.M.; BERGER, J.; DAWID, A.P.; SMITH, J.F.M. **Evaluating**
327 **the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments**
328 **(with discussion)**. In: Bayesian statistics (Ed) 4. Oxford: Oxford University Press, p.169-
329 193, 1992.
330
- 331 HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial
332 transient. *Operations Research*, v.31, p.1109-1144, 1983.
333
- 334 HELLMICH, R. L.; II, KULINCEVIC, J. M.; ROTHENBULER, W. C. Selection for high
335 and low pollen-hoarding honey bees. *Journal. Hered.* v. 76, p. 155-158, 1985.
336
- 337 MONTEIRO, W. R. Meliponicultura (Criação de abelhas sem ferrão). *Mensagem Doce*,
338 v. 57, p. 1517, 2000.
339
- 340 OLIVEIRA F.; KERR, W.E. **Divisão de uma colônia de jupará** (*Melipona compressipes*
341 *manaosensis*) usando-se uma colmeia e o método de Fernando Oliveira. INPA. v. 10, 2000.
342
- 343 PEGORARO, A.; MARQUES, E.N.; CHAVES-NETO, A.; FEDALTO, L.M. Estoque de
344 recursos alimentares em *Apis mellifera scutellata* (Hymenoptera: Apidae). *Archives of*
345 *Veterinary Science*, v. 1, n. 4, p. 51-56, 1999.
346
- 347 PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento Genético Aplicado à Produção Animal**. FEPMVZ, 5^a
348 Edição, 2008.
349
- 350 R DEVELOPMENT CORE TEAM (2009). **R: A language and environment for statistical**
351 **computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0,
352 URL <http://www.R-project.org>.

- 353 RINDERER, T.E. **Bee genetics and breeding**. Florida: Academic Press, 2008. 426p.
354
- 355 ROBINSON, G. Bees & Genes. *Bee Culture*, v.128, n.12, p.20-23, 2000.
356
- 357 ROTHENBULER, W. C.; KULINCEVIC, J. M., THOMPSON, V. C. Successful selection of
358 honeybees for fast and hoarding of sugar syrup in the laboratory. *Journal of Apicultural*
359 *Research*. v. 18, p. 272 – 278, 1979.
360
- 361 SOLLER, M.; BAR-COHEN, R. Some observations on the heritability and genetic
362 correlation between honey production and brood area in the honey bee. *Journal of*
363 *Apicultural Research*, v.6, p.37-43, 1967.
364
- 365 SOUZA, D.C.; CRUZ, C.D.; CAMPOS, L.A. de. Correlation between honey production and
366 some morphological traits in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). *Ciência Rural*, v. 32,
367 p. 869-872, 2002.
368
- 369 SPIEGELHALTER, D.; THOMAS, A.; BEST, N.; LUNN, D. **WinBUGS User Manual:**
370 **Version 1.4.** Cambridge: MRC Biostatistics Unit, 2003.
371
- 372 TOLEDO, V. de A.A. de; MOURO, G.F. Produção de Geleia Real com Abelhas
373 Africanizadas Seleccionadas e Cárnicas Híbridas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6,
374 p.2085-2092, 2005.
375
- 376 VENCOVSKY, R.; KERR, W.E. Melhoramento genético em abelhas. I. Teoria e avaliação
377 de alguns métodos de seleção. *Brazilian journal of genetics*, v. 5, p. 493-503, 1982.
378
- 379 VENTURIERI, G.; RAIOL, V.J.F.O.; PEREIRA, C.A.B. Avaliação da introdução da criação
380 racional de *Melipona fasciculata* (Apidae: Meliponina), entre os agricultores familiares de
381 Bragança – PA, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os programas de melhoramento genético de abelhas do gênero *Melipona* ainda estão em fase de implantação, tornando este processo difícil, pois a quantidade de dados disponíveis é pequena, impossibilitando a utilização de programas normalmente utilizados em programas de avaliação genética de outras espécies de animais.

A metodologia usada para a estimação dos componentes de variância e para a avaliação genética mostrou-se muito eficiente. A partir deste método, o programa de melhoramento genético em abelhas *Melipona quadrifasciata anthidioides* pode, então, ser iniciado, pois pode ser utilizado em casos onde existe a necessidade da inclusão de uma matriz de parentesco específica ou a quantidade de dados disponível é insuficiente.

Foi possível a obtenção das variâncias genética e fenotípica, variância residual, herdabilidade e os valores e ganhos genéticos, para todas as características avaliadas. Porém, é necessário a realização de estudos que possam identificar possíveis correlações entre as características avaliadas.