

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO HIGIÊNICO
DE *Apis mellifera* EM COLÔNIAS COM RAINHAS
SELECIONADAS

Autor: Tânia Patrícia Schafaschek
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo

MARINGÁ
Estado do Paraná
Novembro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO HIGIÊNICO
DE *Apis mellifera* EM COLÔNIAS COM RAINHAS
SELECIONADAS

Autor: Tânia Patrícia Schafaschek
Orientador: Prof. Dr. Vagner de Alencar Arnaut de Toledo
Co-Orientador: Dr. Eduardo Rodrigues Hickel

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
Novembro – 2014

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

S296d Schafaschek, Tânia Patrícia
Desenvolvimento e comportamento
higiênico de Apis mellifera em colônias com
rainhas selecionadas / Tânia Patrícia
Schafaschek. -- Maringá, 2014.
75 f; Il. tabs.

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

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo
Rodrigues Hickel

Tese (doutorado em Zootecnia)-Universidade
Estadual de Maringá, Programa de Pós-
graduação em Zootecnia.

1. Comportamento de Apis mellifera.
2. Geleia real. 3. Seleção da rainha - Apis
mellifera. I. Schafaschek, Tânia Patrícia. II.
Toledo, Vagner de Alencar Arnaut de, orient.
III. Hickel, Eduardo Rodrigues, co-orient.
IV. Universidade Estadual de Maringá. Pós-
graduação em Engenharia Química. Departamento
de Engenharia Química. V. Título.

21.ed. 638.1

Cicilia Conceição de Maria
CRB9- 1066



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO
HIGIÊNICO DE *Apis mellifera* EM COLÔNIAS
COM RAINHAS SELECIONADAS**

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

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 14 de novembro de 2014.

Profª Drª Maria Cláudia Colla
Ruvolo Takasusuki

Profª Drª Eliane Gasparino

Profª Drª Patrícia Faquinello

Profª Drª Elizabete Satsuki Sekine

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

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

A **Deus**, por ter permitido ir até o fim, restaurando as minhas forças sempre que eu ameaçava cair por chão.

Aos meus pais, **Francisco Assis Schafaschek** e **Tereza Suski Schafaschek** por todo incentivo desde sempre, pela ajuda e dedicação sem limites para que tudo corresse bem durante a realização deste trabalho. Sem eles jamais chegaria até aqui.

À minha afilhada **Vitória P. Schafaschek**, que cresceu junto com este trabalho e sempre esteve ao meu lado com suas palavras de incentivo e carinho na hora certa. Uma apaixonada pelas abelhas desde suas primeiras palavras.

Ao meu marido **Rodrigo Horvath Meneguzzi**, por todo seu apoio, incentivo e amor incondicional. Por todas as vezes que teve que suportar a minha ausência, mesmo quando eu estava presente.

DEDICO...

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Maringá.

À empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, por oportunizar a realização deste curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelos ensinamentos e conhecimentos compartilhados.

Ao Prof. Dr. Wagner de Alencar Arnaut de Toledo, pela orientação e compartilhamento de seu conhecimento em abelhas e apicultura.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira, por toda a paciência e auxílio com as análises estatísticas.

Ao pesquisador Dr Eduardo Rodrigues Hickel, pela coorientação neste trabalho.

A Heber Luis Pereira, pela ajuda na produção das rainhas e amizade.

Ao Grupo de Pesquisa com Abelhas –GPBee/UEM e bolsistas Caio Leonardo Stem Menocci, Luan Corsi Tomitão, Flávia Tatiane Duenha e Taisa Kesi Campos que auxiliaram em várias atividades realizadas na Fazenda Experimental de Iguatemi, fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao funcionário Denilson dos Santos Vicentin, pelo seu sempre pronto e dedicado atendimento quanto aos assuntos acadêmicos do PPZ.

Ao funcionário do Setor de Apicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi, Roberto Alvarez, pela ajuda em várias atividades realizadas na fazenda e pelas palavras de incentivo nas horas de desânimo.

Aos apicultores Martin Sommer, Rubens Sommer, Almir de Oliveira e Paulo Waltmam, pela ajuda e disponibilização de seus apiários para a realização de uma das etapas deste trabalho. Aos apicultores Gian Carlos Bejger e Domingos Bejger, pela doação de rainhas.

Aos amigos de Epagri, Enio Frederico Cesconetto, pelo auxílio nas avaliações e Luiz Celso Stefaniak, por toda ajuda prestada.

Ao amigo Cristiano João Arioli, por ter assumido os trabalhos com apicultura na Estação Experimental de Videira, com muita dedicação e profissionalismo durante a minha ausência.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, mas que o limitado espaço aqui disponibilizado, não permite listá-los individualmente.

BIOGRAFIA

TÂNIA PATRÍCIA SCHAFASCHEK, filha de Francisco Assis Schafaschek e Tereza Suski Schafaschek, nasceu em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, no dia 25 de março de 1980.

Em dezembro de 2002, concluiu o curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, Estado de Santa Catarina.

Em fevereiro de 2003, ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Federal de Santa Catarina, onde iniciou seus trabalhos com abelhas. Em maio de 2005 obteve o título de Mestre em Agroecossistemas.

Em março de 2004, ingressou na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – Epagri, trabalhando na área de extensão rural, no município de Tangará/SC. Em junho de 2009, passou a atuar como pesquisadora, na Estação Experimental de Videira, da mesma Empresa, na área de apicultura.

Em março de 2011, ingressou no curso de Doutorado, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Estadual de Maringá, em Maringá/PR, na área de Produção Animal, dando continuidade aos estudos em apicultura.

Em junho de 2014, submeteu-se ao exame de qualificação do doutorado.

Em novembro de 2014, submeteu-se à defesa da tese.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUÇÃO	1
1. Seleção de abelhas para alto comportamento higiênico	2
2. Infestação pelo ácaro <i>V. destructor</i>	2
3. Outros fatores que interferem no desenvolvimento e produtividade das colônias	5
3.1. Idade da rainha	5
3.2. Equilíbrio nutricional.....	5
3.3. Condições ambientais externas e internas às colônias	6
REFERÊNCIAS	8
OBJETIVOS GERAIS.....	13
Capítulo II: Artigo 1: Desenvolvimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> africanizadas formadas com rainhas selecionadas para diferentes características	14
RESUMO	14
Introdução	14
Material e métodos	16
Experimento I.....	17
Experimento II.....	17
Análises estatísticas	18
Resultados e discussão	18

Experimento I.....	18
Experimento II.....	22
Conclusões	26
Referências	27
Capítulo III: Artigo 2: Aceitação de rainhas de abelhas <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) de diferentes origens e sobrevivência das colônias ao inverno.....	29
RESUMO.....	29
Introdução	29
Material e métodos	31
Resultados e discussão	34
Conclusões	39
Agradecimentos.....	39
Referências	39
Capítulo IV: Artigo 3: Comportamento higiênico de <i>Apis mellifera</i> africanizada e reprodução de <i>Varroa destructor</i> em colônias com rainhas de diferentes origens.....	42
RESUMO	42
Introdução	42
Material e métodos	44
Resultados e discussão	46
Conclusão.....	54
Agradecimentos.....	54
Referências	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo II: Artigo 1: Desenvolvimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> africanizadas formadas com rainhas selecionadas para diferentes características	
TABELA 1. Área ocupada em cm ² , para cria aberta, cria operculada, mel, pólen, área total de cria, área total de alimento, área total ocupada da colônia, e infestação por <i>V. destructor</i> , para colônias com rainhas selecionadas para mel e selecionadas para geleia real, no experimento I.....	19
TABELA 2. Valores das variáveis climáticas para o experimento I e para o experimento II.....	20
TABELA 3. Análise de regressão múltipla pelo método “Step Wise”, com os modelos selecionados, para colônias de <i>A. mellifera</i> africanizadas com rainhas selecionadas para mel e com rainhas selecionadas para geleia real, no experimento I.....	22
TABELA 4. Área ocupada em cm ² , para cria aberta, cria operculada, mel, pólen, área total de cria, área total de alimento, área total ocupada da colônia, e infestação por <i>V. destructor</i> , para colônias com rainhas selecionadas para mel, selecionadas para geleia real e selecionadas no apiário local, no experimento II.....	23
TABELA 5. Análise de regressão múltipla pelo método “Step Wise”, com os modelos selecionados, para colônias de <i>A. mellifera</i> africanizadas com rainhas selecionadas para mel, selecionadas para geleia real e grupo local de rainhas, no experimento II.....	25

Capítulo III: Artigo 2: Aceitação de rainhas de abelhas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) de diferentes origens e sobrevivência das colônias ao inverno

TABELA 1. Composição nutricional calculada da ração utilizada como suplementação alimentar das colônias de abelhas <i>A. mellifera</i> , no período de 25 de julho a 07 de outubro de 2013, no município de Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.....	33
TABELA 2. Probabilidade de aceitação das rainhas introduzidas, longevidade da colônia e probabilidade de sobrevivência da colônia ao inverno, com rainhas originárias de Maringá/PR, Santa Terezinha/SC e Irineópolis/SC, introduzidas em dezembro de 2012 e introduzidas em abril de 2013, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.....	35
TABELA 3. Longevidade da colônia e probabilidade de sobrevivência ao inverno, em função da suplementação alimentar fornecida de 25 de julho a 07 de outubro de 2013, para colônias com rainhas introduzidas em dezembro de 2012 e em abril de 2013, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.....	38
TABELA 4. Longevidade da colônia com rainhas introduzidas no mês de dezembro de 2012, procedentes de Maringá/PR e procedentes de Irineópolis/SC, em função da suplementação alimentar, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.....	38

Capítulo IV: Artigo 3: Comportamento higiênico de *Apis mellifera* africanizada e reprodução de *Varroa destructor* em colônias com rainhas de diferentes origens

TABELA 1. Média \pm erro-padrão, para as variáveis analisadas, no período de outubro de 2013 a junho de 2014, em colônias com rainhas procedentes de Maringá/PR, de Santa Terezinha/SC e de Irineópolis/SC, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil.....	48
---	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Capítulo II: Artigo 1: Desenvolvimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> africanizadas formadas com rainhas selecionadas para diferentes características	
FIGURA 1. Mapa de localização dos municípios onde foram instalados os apiários do experimento I (Campo Alegre) e do experimento II (Mafra), no Estado de Santa Catarina, Brasil.....	18
Capítulo III: Artigo 2: Aceitação de rainhas de abelhas <i>Apis mellifera</i> (Hymenoptera: Apidae) de diferentes origens e sobrevivência das colônias ao inverno	
FIGURA 1 Mapa com a localização do município de instalação do apiário experimental, no Estado de Santa Catarina, Brasil	32
Capítulo IV: Artigo 3: Comportamento higiênico e reprodução de <i>Varroa destructor</i> em colônias de <i>Apis mellifera</i> com rainhas de diferentes origens	
FIGURA 1. Taxa de invasão por <i>V. destructor</i> em pupas de operárias (A) e comportamento higiênico de abelhas <i>A. mellifera</i> (B) em colônias com rainhas de Maringá/PR, rainhas de Santa Terezinha/SC e rainhas de Irineópolis.....	47
FIGURA 2. Número de ácaros adultos em células de operárias, número de descendentes totais e número de descendentes férteis de <i>V. destructor</i> em colônias de abelhas <i>A. mellifera</i> com rainhas de Maringá/PR (A), rainhas de Santa Terezinha/SC (B) e rainhas de Irineópolis/SC (C).....	51
FIGURA 3. Infestação por <i>V. destructor</i> em colônias de abelhas <i>Apis mellifera</i> com rainhas de Maringá/PR (A), rainhas de Santa Terezinha/SC (B) e rainhas de Irineópolis/SC (C).....	52
FIGURA 4. Peso das colônias de abelhas <i>A. mellifera</i> , independente da procedência da rainha, no período de outubro de 2013 a junho de 2014.....	54

DESENVOLVIMENTO E COMPORTAMENTO HIGIÊNICO DE *Apis mellifera* EM COLÔNIAS COM RAINHAS SELECIONADAS

RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram avaliar colônias de abelhas *Apis mellifera* formadas com rainhas de diferentes procedências, quanto aos parâmetros de desenvolvimento, produção de mel, comportamento higiênico, infestação por *Varroa destructor* em abelhas operárias adultas, taxa de invasão de varroa em pupas de operárias e reprodução total e efetiva da varroa. Com o intuito de atingir essas metas foram realizados três delineamentos experimentais que permitiram a elaboração de três artigos. Foram avaliadas rainhas selecionadas para a produção de mel e comportamento higiênico e rainhas selecionadas para a produção de geleia real, procedentes do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá (Maringá/PR). Estas rainhas são selecionadas com base na avaliação genética de rainhas matrizes por meio da avaliação das características morfométricas e peso à emergência das rainhas, para a produção de mel e por meio da avaliação da remoção de crias mortas em 24 h por abelhas operárias em colônias filhas das rainhas matrizes, para comportamento higiênico. A seleção para produção de geleia real é realizada com auxílio de marcadores moleculares para a expressão da proteína MRJP. Outro grupo avaliado foi composto por rainhas procedentes de um apicultor/produtor de rainhas de Santa Terezinha/SC, as quais são selecionadas para comportamento higiênico e monitoradas quanto à infestação por *V.destructor*. Também foram avaliadas rainhas não selecionadas escolhidas aleatoriamente no apiário de Irineópolis/SC e de Mafra/SC. No primeiro trabalho avaliou-se, em dois experimentos, a infestação por *V. destructor* e o desenvolvimento de colônias de *A. mellifera* com rainhas selecionadas para produção de mel, geleia real e não selecionadas, correlacionando-se com as variáveis climáticas. No experimento I, em Campo Alegre/SC, foram utilizadas dez colmeias Langstroth e no experimento II, em Mafra/SC, 15 colmeias Schenk. Procedeu-se ao mapeamento das áreas de cria aberta, operculada, mel e pólen, na data de introdução e aos 45 e 90 dias após a introdução das rainhas. No experimento I houve interação entre o tipo de seleção da rainha e época de avaliação para as áreas de cria operculada, mel e total de alimento. O grupo selecionado para geleia real apresentou maior área de cria operculada e menor área de mel aos 90 dias. A infestação por varroa foi menor ($p < 0,05$) aos 90 dias. No experimento II, não houve interação entre as características avaliadas. As áreas de cria operculada, total de cria e total ocupada da colônia apresentaram efeito do tipo de seleção da rainha e época de avaliação. A alta umidade relativa do ar determinou maior armazenamento de mel para o grupo local. No segundo trabalho, foi avaliada a aceitação de rainhas de diferentes procedências, em duas épocas do ano, introduzidas em colônias de *A. mellifera* já estabelecidas. Verificou-se a sobrevivência ao inverno, a longevidade das colônias, e a influência da suplementação alimentar. Foram avaliadas rainhas do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá (Maringá/PR), de um apicultor/produtor de rainhas de Santa

Terezinha/SC, e rainhas locais (Irineópolis/SC). Houve efeito da origem e época de introdução ($p < 0,05$) na aceitação das rainhas. Rainhas provenientes de Maringá e de Santa Terezinha tiveram maior taxa de aceitação no mês de abril. Não houve efeito da interação ($p > 0,05$) procedência versus suplementação alimentar para a sobrevivência ao inverno em ambas as épocas de introdução. A suplementação proporcionou maior taxa de sobrevivência ao inverno ($p < 0,05$) e maior longevidade das colônias com rainhas introduzidas em abril. Houve interação ($p < 0,05$) procedência versus suplementação alimentar para longevidade das colônias quando as rainhas foram introduzidas em dezembro. No terceiro trabalho, avaliou-se o comportamento higiênico e variáveis relacionadas com *V. destructor* em colônias de *A. mellifera*, com rainhas de diferentes procedências, referentes aos mesmos grupos do trabalho anterior, no período de outubro de 2013 a junho de 2014. O grupo procedente de Maringá apresentou elevação da taxa de invasão e reprodução total de varroa conforme ocorreu a redução do comportamento higiênico. Este grupo apresentou redução da reprodução efetiva, com média de 2,3 descendentes férteis. A média de comportamento higiênico para este grupo foi de 84%. O grupo procedente de Santa Terezinha apresentou elevação da taxa de invasão a partir da redução do comportamento higiênico, porém de maneira menos acentuada. O comportamento higiênico manteve-se estável, com média de 92%. A reprodução total e efetiva para este grupo foi de 1,7 e 0,9, respectivamente. O grupo de Irineópolis apresentou o menor comportamento higiênico (78%) e a mais elevada reprodução total (12,6) e efetiva (5,3). Pode-se concluir que as rainhas de diferentes origens e processos de seleção responderam diferentemente, quanto ao desenvolvimento das colônias, em função do ambiente onde foram inseridas, sendo que a suplementação alimentar foi determinante para a sobrevivência das colônias ao inverno e aumentou a sua longevidade. A utilização de rainhas selecionadas interferiu na dinâmica populacional da varroa, sendo importante a realização de estudos multifatoriais, incluindo comportamento higiênico, redução da reprodução do ácaro e suas interações com as características selecionadas, para melhor compreensão da dinâmica populacional e resistência da colônia a este parasita.

Palavras-chave: comportamento de *Apis mellifera*, produção de mel, produção de geleia real, seleção de rainhas

PERFORMANCE AND HYGIENIC BEHAVIOR OF *Apis mellifera* IN COLONIES WITH SELECTED QUEENS

ABSTRACT

Three studies were conducted aiming at evaluating colonies of *Apis mellifera* honeybees formed by queens from different origins. It was verified the performance parameters, honey production, hygienic behavior, infestation by *Varroa destructor* on adult worker honeybees, varroa invasion rate in pupae of worker honeybees and total and effective reproduction of the varroa. It was evaluated selected queens for honey production and hygienic behavior and queens selected for royal jelly production from the program of honeybee selection from Universidade Estadual de Maringá (Maringá, state of Paraná, Brazil). These queens are selected based on genetic evaluation of matrices queens through evaluation of morphometric traits and queen weight at the emergence for honey production and also by evaluating the removal of dead brood in 24 hours by worker honeybees in daughters colonies of the matrices queens for hygienic behavior. The selection for royal jelly production was performed based on molecular markers for the expression of MRJP protein. Another evaluated group was with queens from queen breeder of Santa Terezinha, state of Santa Catarina, Brazil selected for hygienic behavior and monitored for *V. destructor* infestation. Unselected queens were also evaluated; they were randomly chosen in the apiary of Irineópolis, state of Santa Catarina and Mafra, state of Santa Catarina. In the first work was evaluated, in two experiments, the *V. destructor* infestation and the performance of *A. mellifera* colonies with queens selected for honey production, royal jelly production and also unselected queens, correlating with climatic variables. This trial I, in Campo Alegre, state of Santa Catarina, was performed using 10 Langstroth hives and in Mafra, state of Santa Catarina it was performed the trial II with 15 Schenk hives. Mapping in areas of sealed and unsealed brood, honey and pollen combs was performed at the introduction queen day and at 45 and 90 days after that. In trial I there was an interaction among the selection type of the queen and the evaluation period for areas of sealed brood, honey and total food. The selected group for royal jelly presented larger sealed brood area and smaller honey area at 90 days. The varroa infestation was lower ($p < 0.05$) at 90 days. In the trial II there was no interaction among the evaluated parameters. The sealed brood area, the total brood and the total occupied area in the colony had effect of the type of queen selection and the evaluation period. The high relative humidity caused higher honey storage for the local group. In the second study it was evaluated the queen acceptance from different sources introduced in *A. mellifera* colonies already established in two seasons of the year. It was verified the winter survival, the colonies longevity and the influence of food supplementation. The queens from the breeding program at Universidade Estadual de Maringá (Maringá, state of Paraná), from a queen breeder of Santa Terezinha, state of Santa Catarina, and local

queens (Irineópolis, state of Santa Catarina) were evaluated. There was effect of the origin and the season in which they were introduced ($p < 0.05$) in queen acceptance. Queens from Maringá and Santa Terezinha had a higher probability of acceptance in April-Autumn. There was no interaction effect ($p > 0.05$) between origin and food supplementation for the probability of surviving in the winter and in both seasons of queen introduction. The supplementation increased the probability of surviving in the winter ($p < 0.05$) and a higher longevity of colonies with queens introduced in April. There was an interaction ($p < 0.05$) of origin and food supplementation for longevity of colonies when the queens were introduced in December. In the third study, it was evaluated the hygienic behavior and variables related with *V. destructor* in colonies of *A. mellifera* with queens from different origins from October 2013 to June 2014. The group from Maringá had higher invasion rate and total reproduction of varroa, as the reduction of hygienic behavior occurred. This group presented reduction of effective reproduction, averaging of 2.3 fertile offspring. The average for hygienic behavior in this group was 84.0%. The group from Santa Terezinha, although less pronounced, had higher invasion rate from the reduction of hygienic behavior. The hygienic behavior remained stable, averaging 92.0%. For this group the total and effective reproduction was 1.72 and 0.95 individuals, respectively. Colonies with queen from Irineópolis had the lowest hygienic behavior (78.0%) and the highest total reproduction (12.6) and effective (5.3). It was concluded that queens from different origins and selection processes presented different results in colony performance according to the environment in which they are settled and the food supplementation was primordial for colonies surviving in the winter and increased their longevity. The selection of queens reduced the varroa population, which is considered important to develop multifactorial studies, including hygienic behavior, mite reproduction reduction and its interactions with the selected traits to better understanding the population dynamics and resistance to this parasite colony.

Key-words: honeybee behavior, honey production, royal jelly production, queen selection

CAPÍTULO I INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade de grande importância social, econômica e ecológica. Além dos produtos explorados diretamente da colônia, a polinização realizada pelas abelhas é fundamental para a produção de alimentos (MORSE; CALDERONE, 2000). O valor econômico do serviço de polinização realizado por abelhas *Apis mellifera*, apenas nos Estados Unidos, em 2009, foi estimado em 11,68 bilhões de dólares (CALDERONE et al., 2012). O Brasil ocupa a décima posição no ranking mundial de exportações de mel, sendo que o valor exportado em 2013, segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), correspondeu a mais de 54 milhões de dólares.

Entretanto, a produtividade média da cadeia apícola no Brasil ainda é considerada baixa, diante do potencial que o país apresenta para o desenvolvimento desta atividade. Segundo dados do IBGE (2012), a produção de mel no Brasil no ano de 2012 foi de 33.574 toneladas e apresentou redução de 19,3% em relação ao ano de 2011. O aumento da produtividade depende da utilização de técnicas de manejo adequadas, incluindo a substituição periódica de rainhas.

É fundamental, entretanto, que estas sejam de boa procedência e, principalmente, melhoradas ou selecionadas, pois as demais características da colônia serão determinadas pelo genótipo da rainha, a qual transmite metade dos genes para as operárias (BIENEFELD et al., 2007). Destacamos abaixo alguns fatores determinantes para a qualidade das rainhas e aumento de produtividade das colônias.

1. Seleção de abelhas para alto comportamento higiênico

O comportamento higiênico das abelhas é um mecanismo natural de resistência às doenças de crias e parasitas (WILSON-RICH, 2009), caracterizado pela desoperculação e remoção de cria morta, doente ou danificada. O comportamento higiênico é uma característica herdada (ROTHENBÜHLER, 1964), estimulado pelo fluxo de néctar, pois crias e adultos mortos, doentes ou parasitados são removidos mais rapidamente quando o fluxo de néctar é mais intenso (SOMERVILLE, 2005; PANASIUK et al., 2009). A avaliação do número de crias mortas removidas em 24 h é um eficiente critério de seleção de colônias para a característica de comportamento higiênico (COSTA-MAIA et al., 2011).

A seleção de abelhas com base no comportamento higiênico vem sendo realizada por diversas instituições e tem apresentado excelentes resultados na melhoria das características das colônias. A Universidade Estadual de Maringá, por meio do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, vem realizando desde 2003 estudos sobre o melhoramento de características como o comportamento higiênico, e de produção de mel e de geleia real (MOURO; TOLEDO, 2004; TOLEDO; MOURO, 2005; COSTA-MAIA et al., 2011; FAQUINELLO et al., 2011; WIELEWSKI et al., 2012).

Existe associação entre o comportamento higiênico e o nível de infestação em abelhas adultas por ácaros *Varroa destructor* (HARRIS, 2007). A seleção de abelhas africanizadas para característica de comportamento higiênico diminui a taxa de reprodução total do ácaro e, conseqüentemente, a taxa de infestação em abelhas adultas (WIELEWSKI et al., 2012).

2. Infestação pelo ácaro *V. destructor*

O ácaro *V. destructor* é um ectoparasita de crias e indivíduos adultos de abelhas do gênero *Apis*. Esta espécie é composta por seis haplótipos diferentes (ANDERSON; TRUEMAN, 2000), sendo que os haplótipos mais comuns são o coreano (K) e o japonês/tailandês (J). O haplótipo K é considerado mais virulento em relação ao haplótipo J, sendo o mais difundido em *A. mellifera*, encontrado na Europa, Ásia e América do Norte. O haplótipo J foi relatado em colônias de *A. mellifera* no Japão, Tailândia, América do Norte e América do Sul (SOLIGNAC et al., 2003).

O ácaro *V. destructor* vem sendo investigado como um dos principais responsáveis pela mortalidade de colônias em grande parte do mundo (GENERSCH, 2010; LE CONTE et al., 2010; ROSENKRANZ et al., 2010). Nos últimos anos, as perdas de colônias no

inverno chegaram a 20% ou mais em várias partes do mundo (VAN ENGELSDORP et al., 2007), mais que dobrando as perdas históricas de 5 a 10%, consideradas normais, verificadas até a década de 90 (LE CONTE et al., 2010).

Entre os principais danos ocasionados por *V. destructor*, destaca-se o enfraquecimento do sistema imunológico das abelhas pela supressão da expressão de genes relacionados com a imunidade (YANG; COX-FOSTER, 2007) e a redução do peso corporal e conteúdo proteico individual das abelhas, o que acarreta na diminuição da sua longevidade (AMDAM et al., 2004). Isto é importante durante o inverno, em regiões de clima temperado, quando maior longevidade é primordial para a sobrevivência da colônia até a próxima primavera, bem como para alimentar as primeiras crias (AMDAM et al., 2004; LE CONTE et al., 2010).

Nas regiões de clima temperado, no final do verão e início do outono, as abelhas estocam as últimas reservas de pólen e mel, atrofiam as glândulas hipofaríngeas e ceríferas e acumulam gordura no corpo associada com proteína para que sobrevivam ao inverno. Nas regiões tropicais, há redução da quantidade de cria no outono e inverno até o início da florada na primavera, além de estocarem mel e pólen suficiente para sobreviverem ao inverno (OTIS et al., 2004). Elevados níveis de infestação durante a transição de abelhas do final do verão para início do inverno podem ser a causa das perdas de colônias pela diminuição da longevidade das abelhas de inverno infestadas por varroa (VAN DOOREMALEN et al., 2012).

Quanto aos limites de infestação aceitáveis, Genersch et al. (2010) sugeriram que um nível máximo de 6% de infestação por varroa em abelhas adultas mantém as taxas de mortalidade abaixo de 10%, o que é consideravelmente aceito para perdas de inverno. Liebig (2001) relatou que, nas condições da Alemanha, taxas de infestação para abelhas de inverno superiores a 7% são críticas para a sobrevivência das colônias. Nos EUA, Delaplane e Hood (1997) e, no Canadá, Currie e Gatién (2006) recomendaram taxas de infestação de 10% ou mais como limiares de danos econômicos. Os níveis de infestação por *V. destructor*, na maior parte da América do Sul, são considerados baixos e não causam problemas sérios para as colônias (JUNKES et al. 2007).

Embora esteja claro que *V. destructor* cause mais problemas em regiões de clima temperado do que em regiões de clima tropical (MORETTO et al. 1991), o tipo de abelha também afeta o desenvolvimento do parasita, sendo que as abelhas africanas ou africanizadas são mais tolerantes ao ácaro do que subespécies europeias de abelhas. Toledo e Nogueira-Couto (1996), avaliando subespécies africanizadas, italianas,

caucasianas e cárnicas, na região de Jaboticabal, no Estado de São Paulo, verificaram que as africanizadas apresentaram a menor taxa de invasão de varroa nas crias e a menor infestação em abelhas adultas, enquanto as cárnicas apresentaram maior infestação em abelhas adultas e menor invasão nas crias. Estes autores sugeriram que as abelhas africanizadas apresentam mecanismos de resistência superiores às demais subespécies.

Um dos fatores responsáveis pela maior tolerância está relacionado ao sucesso reprodutivo da fêmea de *V. destructor*, sendo que na América do Sul e Central, os ácaros fêmeas adultos apresentam fecundidade reduzida em *A. mellifera* africanizadas (CORREA-MARQUEZ et al., 2003), em comparação a observada em ácaros de subespécies europeias de *A. mellifera* (CALDERÓN et al., 2003). A capacidade reprodutiva da varroa em células de crias de operárias também é dependente das condições climáticas e época do ano, sendo que as fêmeas do ácaro produzem mais descendentes durante a produção de pólen do que em outras estações do ano (MORETTO et al., 1997; MONDRAGÓN et al., 2005, 2006). Outras características importantes que limitam a população do ácaro em *A. mellifera* são o comportamento de “grooming”, mortalidade dos ácaros em abelhas adultas (JUNKES et al., 2007) e mortalidade dos ácaros descendentes (MONDRAGÓN et al., 2006).

Entretanto, verificam-se que, nos últimos anos, mudanças nas taxas de reprodução de *V. destructor* em diversas regiões do Brasil, a qual foi atribuída, principalmente, a uma mudança do haplótipo japonês/tailandês (J) para o haplótipo coreano (K) do ácaro varroa (GARRIDO et al., 2003; STRAPAZZON et al., 2009a). Garrido et al. (2003) encontraram níveis de fertilidade comparáveis aos encontrados em abelhas europeias na Alemanha.

Carneiro et al. (2007) verificaram mudanças na capacidade reprodutiva de *V. destructor* no Estado de Santa Catarina, na região de Blumenau/SC, em que a porcentagem de fêmeas férteis do ácaro aumentou de 56% nos anos de 1980 para 86% em 2005/2006. A diferença na porcentagem de fêmeas que produziram deutoninfas, descendentes fêmeas que podem alcançar o estágio adulto foi de 72% em 2005/2006, contra 35% em 1986/1987. A média de descendentes aumentou 60%, após estes 20 anos, com as fêmeas deixando em torno de 2,6 descendentes.

Carneiro et al. (2014), nesta mesma região, encontraram para as mesmas características um aumento e verificaram que 93% das fêmeas foram capazes de deixar pelo menos um tipo de descendente em células de crias de operárias e 77% destas fêmeas deixaram descendentes deutoninfas. Outra mudança observada foi no número médio de

descendentes deixados por fêmea, que subiu para 3,18 descendentes, ocorrendo um aumento de 22% em relação ao estudo realizado por Carneiro et al. (2007).

Apesar do aumento nas taxas de reprodução não foi verificado elevação nas taxas de infestação, permanecendo em torno de 3% na região de Blumenau/SC (STRAPAZZON et al., 2009a). Uma das razões para os níveis de infestação se manterem baixos, segundo Strapazzon et al. (2009b), é uma possível superestimação nas análises sobre reprodução de ácaros em células de crias de operárias de 17-18 dias de idade. Estes autores verificaram que a estimativa da reprodução efetiva era 71% inferior ao analisar células com abelhas prestes à emergência em relação às crias de operárias com idade de 17 a 18 dias (2 a 3 dias antes da emergência).

A recente chegada do haplótipo K no Brasil exige novas investigações sobre a dinâmica da interação parasita-hospedeiro, pois ainda é pouco conhecido se a gravidade dos efeitos causados por *V. destructor* depende do genótipo das abelhas, do genótipo do ácaro ou da interação entre os dois (CALDERÓN et al., 2010).

3. Outros fatores que interferem no desenvolvimento e produtividade das colônias

3.1. Idade da rainha

Van der Zee et al. (2014) verificaram que houve uma ligeira redução na probabilidade de perda de colônias para cada aumento percentual de substituição da rainha antes do inverno. Genersch et al. (2010) também observaram efeito significativo para a idade da rainha, em que colônias que sobreviveram ao inverno tinham, em média, rainhas significativamente mais jovens do que as que não sobreviveram ao inverno, ou seja, rainhas jovens diminuíram o risco de mortalidade das colônias, independentemente das condições iniciais que a colônia se encontrava.

Colônias com rainhas jovens apresentaram maior produção de crias e abelhas, acompanhados por uma infestação mais baixa com ácaros varroa (AKYOL et al., 2007). Mattila et al. (2001), em Manitoba no Canadá, verificaram que colônias mantidas com a rainha original no final do verão produziram as operárias para o inverno mais cedo do que as colônias que tiveram suas rainhas substituídas, afetando assim a longevidade dessas abelhas ao longo do inverno.

3.2. Equilíbrio nutricional

A condição nutricional interfere, de maneira geral, na colônia (MATTILA et al. 2001; RORTAIS et al., 2005). O pólen é o principal recurso proteico (KELLER et al.,

2005a) correlacionado fortemente com o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas das abelhas (PERNAL; CURRIE, 2000; KELLER et al., 2005b). As necessidades mínimas de proteína para as abelhas variam de 20 a 25% (DE GROOT, 1953; SOMERVILLE, 2005), sendo que quando as necessidades nutricionais não são satisfeitas, a capacidade reprodutiva é uma das primeiras funções a ser afetada, atingindo também sua capacidade produtiva e, conseqüentemente, promove o enfraquecimento da colônia (SOMERVILLE, 2005).

Colônias mal nutridas tornam-se debilitadas e mais susceptíveis às diversas ameaças, tais como doenças, parasitas e predadores. Abelhas alimentadas com pólen de alta qualidade, por exemplo, são menos susceptíveis à exposição às pesticidas do que abelhas alimentadas com pólen deficiente em proteína ou substitutos de pólen (MATTILA et al., 2001).

O equilíbrio nutricional das abelhas desempenha importante papel no desenvolvimento da resposta imunológica (LI et al., 2007; ALAUX et al., 2010). A nutrição adequada também influencia na longevidade das abelhas (VAN DER STEEN, 2007; SEREIA et al., 2010) e aumento da produtividade de mel (MATTILA; OTIS, 2006), sendo que suplementos proteicos podem manter constantemente o nível de proteína na colônia (KELLER et al., 2005a; VAN DER STEEN, 2007; SEREIA et al., 2010).

Entretanto, a suplementação alimentar fornecida às abelhas deve ser o mais equilibrada possível, considerando as necessidades nutricionais destas, pois níveis nutricionais abaixo do ideal retardam o desenvolvimento da colônia, enquanto que níveis excessivos causam desequilíbrios nutricionais e inviabilizam o uso da suplementação alimentar pelo alto custo (HEBERT JR et al., 1970). Níveis extremamente altos de proteína podem ainda apresentar efeito tóxico e afetar negativamente a longevidade das abelhas (DE GROOT, 1953).

3.3. Condições ambientais externas e internas às colônias

Diversos componentes ambientais externos à colônia, como a disponibilidade de recursos alimentares, temperatura, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, apresentam efeitos específicos sobre as colônias, influenciando no comportamento e suas nas características (COSTA et al., 2007; TOLEDO et al., 2010). Costa et al. (2007) relataram que as abelhas diminuem sua população com temperaturas externas baixas (inverno) e também com excesso de umidade relativa do ar (verão). Toledo et al. (2010)

verificaram que a umidade relativa do ar afetou negativamente a produção de geleia real com o uso de suplementação alimentar com 35% de proteína bruta, inviabilizando, nestas condições, o uso da suplementação proteica para a produção de geleia real.

O sistema de produção utilizado também acarreta em diferentes respostas ambientais internas às colônias, pois há uma grande variação nas condições fornecidas às abelhas como, por exemplo, a limitação de espaço para a postura da rainha e desenvolvimento da colônia (FAQUINELLO et al., 2011).

O fenótipo é a resposta diferenciada de genótipos quando submetidos a ambientes diferentes. Em *A. mellifera* há grande diversidade de características (fenótipos) das colônias, as quais podem ser pela interação genótipo-ambiente (BIENEFELD et al., 2007). Faquinello et al. (2011) verificaram que a interação genótipo-ambiente pode acarretar em diferenças na capacidade adaptativa, alterando o desempenho dos animais e, por conseguinte, o mérito relativo de seus genótipos de acordo com o ambiente no qual estão sendo criados. Estes mesmos autores exploraram os fatores ambientais externos e internos às colônias que interferem na produção de geleia real e avaliaram os 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. Para um processo de seleção eficiente, é importante avaliar os animais em diversos ambientes, uma vez que genótipos superiores podem se expressar de maneira diferenciada em função do ambiente no qual estão inseridos.

O comportamento higiênico, por exemplo, é uma manifestação fenotípica e, portanto, além dos fatores genéticos envolvidos, as condições ambientais também apresentam influência sobre este (COSTA-MAIA et al., 2011), como também sobre as demais características influenciadas por este comportamento. Portanto, a avaliação de linhagens selecionadas em programas de melhoramento genético deve ser realizada também em condições de campo, com diferentes manejos e condições ambientais. Isso permite verificar quais características consideradas no melhoramento irão se expressar da maneira desejada (FAQUINELLO et al., 2011).

REFERÊNCIAS

- AKYOL, E.; YENINAR, H.; KARATEPE, M.; KARATEPE, B.; ÖZKÖK, D. Effects of queen ages on varroa (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance, **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, p. 143–149, 2007.
- ALAUX, C.; DUCLOZ, F.; CRAUSER, D.; LE CONTE, Y. Diet effects on honeybee immunocompetence. **Biology Letters**, v. 6, n. 4, p.562-565, 2010.
- AMDAM G.V.; HARTFELDER K.; NORBERG K.; HAGEN A.; OMHOLTS.W.; Altered physiology in worker honey bees (Hymenoptera: Apidae) infested with the mite *Varroa destructor* (Acari: Varroidae): A factor in colony loss during overwintering? **Journal of Economic Entomology**, v. 97, p. 741–747, 2004.
- ANDERSON, D.L.; TRUEMAN, J. W. H. *Varroa jacobsoni* (Acari:Varroidae) is more than one species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 24, n. 3, p. 165-189, 2000.
- BIENEFELD, K.; EHRHARDT, K.; REINHARDT, F. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects – A BLUP-Animal Model approach. **Apidologie**, v.38, p.77-85, 2007.
- CALDERÓN, R.A.; VAN VEEN, J.W.; SOMMEIJER, M.J.; SANCHEZ, L.A. Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). **Experimental and Applied Acarology**, v. 50, n. 4, p. 281-297, 2010.
- CALDERÓN, R.A.; SOMMEIJER, M.J.; DE RUJTER, A.; VEEN, J.W. The reproductive ability of *Varroa destructor* in worker brood of Africanized and hybrid honey bees in Costa Rica. **Journal of Apicultural Research**, v. 42, p. 65-67, 2003.
- CALDERONE, N.W. Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992–2009. **PLoS ONE**, v. 7, n. 5, 2012.
- CARNEIRO, F.E.; BARROSO, G.V.; STRAPAZZON, R.; MORETTO, G. Reproductive ability and level of infestation of the *Varroa destructor* mite in *Apis mellifera* apiaries in Blumenau, State of Santa Catarina, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 1, p. 109-112, 2014.
- CARNEIRO, F.E.; TORRES, R.R.; STRAPAZZON, R.; RAMIREZ, S.A.; GUERRA JR., J.C.V.; KOLING, D.F.; MORETTO, G. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson and Trueman) in Africanized honey bees (*Apis*

mellifera L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 6, p. 949-952, 2007.

CORREA-MARQUEZ, M.H.; MEDINA, L.; MARTIN, S.; DE JONG, D. Comparing data on the reproduction of *Varroa destructor*. **Genetics and Molecular Research**, v. 2, p. 1-6, 2003.

COSTA, F.M.; MIRANDA, S.B.; TOLEDO, V.A.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; CHIARI, W.C.; HASHIMOTO, H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.1, p. 101-108, 2007.

COSTA-MAIA, F.M.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; LOURENÇO, D.; LINO, A.; SEREIA, M.J.; LOPES DE OLIVEIRA, C.A.; FAQUINELLO, P.; HALAK, A.L. Estimates of covariance components for hygienic behavior in Africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.9, p.1909-1916, 2011.

CURRIE, R.W.; GATIEN, P. Timing acaricide treatments to prevent *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) from causing economic damage to honey bee colonies. **Canadian Entomologist**, v. 138, p. 238–252, 2006.

DeGROOT, A.P. Protein and amino acid requirements of the honey bee (*Apis mellifera* L.) **Physiologia comparata et Oecologia**, v.3, n.2/3, p. 197-285, 1953.

DELAPLANE, K.S.; HOOD, W.M. Effects of de-layed acaricide treatment in honey bee colonies parasitized by *Varroa jacobsoni* and a late-season treatment threshold for the southeastern USA, **Journal of Apicultural Research**, v. 36, p. 125–132, 1997.

FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; SEREIA, M.J.; COSTA-MAIA, F.M.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Parameters for royal jelly production in Africanized honeybees. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 495-509, 2011.

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

GENERSCH, E. Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 87, n. 1, p. 87-97, 2010.

GENERSCH, E.; VON DER OHE, W.; KAATZ, H.; SCHROEDER, A.; OTTEN, C.; BÜCHLER, R.; BERG, S.; RITTER, W.; MÜHLEN, W.; GISDER, S.; MEIXNER, M.; LIEBIG, G.; ROSENKRANZ, P. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. **Apidologie**, v. 41, n.3, p. 332-352, 2010.

HARRIS, J.W. Bees with varroa sensitive hygiene preferentially remove mite infested pupae aged five days post capping. **Journal of Apicultural Research/Bee World**, v.46, n.3, p.134-139, 2007.

HEBERT JR., E.W.; BICKLEY, W.E.; SHIMANUKI, H. The brood-rearing capability of caged honey bees fed dandelion and mixed pollen diets. **Journal of Economic Entomology**, v. 63, p.215-218, 1970.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção pecuária municipal. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (v.40, p.1-71).

- JUNKES, L.; GUERRA JR., J.C.V.; MORETTO, G. *Varroa destructor* mite mortality rate according to the amount of worker broods in Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 305-308, 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, 2005a.
- KELLER, I.; FLURI, P.; IMDORF, A. Pollen nutrition and colony development in honeybees: part II. **Bee World**, v.86, n.2, p.27-34, 2005b.
- LE CONTE, Y.; ELLIS, M.; RITTER, W. Varroa mites and honey bee health: can varroa explain part of the colony losses? **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 353-363, 2010.
- LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D.; KIM, S.W.; WU, G. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, v.98, n.2, p.237-252, 2007.
- LIEBIG G. How many varroa mites can be tolerated by a honey bee colony? **Apidologie**, v. 32, p. 482– 484, 2001.
- 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.
- MATTILA, H.R.; HARRIS, J.L.; OTIS, W.G. Timing of production of winter bees in honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **Insectes Sociaux**, v.48, p.88–93, 2001.
- MDIC. SECEX/DECEX. Disponível em:<www.mdic.gov.br>. Acesso em: abr. 2014.
- MONDRAGÓN, L.; MARTIN, S.; VANDAME, R. Mortality of mite offspring: a major component of *Varroa destructor* resistance in a population of Africanized bees. **Apidologie**, v.37, p.67–74, 2006.
- MONDRAGÓN, L.; SPIVAK, M.; VANDAME, R. A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. **Apidologie**, v. 36, n. 3, p. 345–358, 2005.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. Relationship between food availability and the reproductive ability of the mite *Varroa jacobsoni* in Africanized bee colonies. **American Bee Journal**, v. 137, p. 67-69, 1997.
- MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D.; BICHUETTE, M.Z. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud. infestations in Brazil. **Apidologie**, v. 22, p.197-203, 1991.
- MORSE R.A.; CALDERONE, N.W. The value of honey bee pollination in the United States, **Bee Culture**, v. 128, p. 1–15, 2000.
- 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.
- OTIS, G.W.; WHEELER, D.E.; BUCK, N.; MATTILA, H.R. Storage proteins in winter honey bees. **Apiacta**, v. 38, p.352-357, 2004.

PANASIUK, B.; SKOWRONEK, W.; GERULA, D. Effect of period of the season and environmental conditions on rate of cleaning cells with dead brood. **Journal of Apicultural Science**, v 53, n.1, 2009.

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, n.3, p.378-409, 2000.

RORTAIS, A.; ARNOLD, G.; HALM, M.; TOUFFET-BRIENS, F. Modes of honeybee exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. **Apidologie**, v. 36, p. 71-83, 2005.

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal Invertebrate Pathology**, v.103, Suppl. 1, p. S96-S119, 2010.

ROTHENBÜHLER, W.C. Behavior genetics of nest cleaning in honeybees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoology**, v.4, n.2, p.111-123, 1964.

SEREIA, M.J.; TOLEDO, V.A.A.; FAQUINELLO, P.; SILVA DE CASTRO, S.E.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; FURLAN, A.C. Lifespan of Africanized honey bees fed with various proteic supplements. **Journal of Apicultural Science**, v.54, n.2, p. 37-49, 2010.

SOLIGNAC, M.; VAUTRIN, D.; PIZZO, A.; NAVAJAS, M.; LE CONTE, Y.; CORNUET, J. Characterization of microsatellite markers from the apicultural pest *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and its relatives. **Molecular Ecology Notes**, v. 3, n. 4, p. 556-559, 2003.

SOMERVILLE, D. **Fat bees, skinny bees – a manual on honeybee nutrition for beekeepers**. Rural Industries Research and Development Corporation- RIRDC, Publication n.º05/054, 2005.

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

STRAPAZZON, R.; KOLING, D.F.; CARNEIRO, F.E.; RAMIREZ, S.A.; GUERRA JR. J.C.V.; MORETTO, G. A new approach for detecting effective reproductive ability of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae). **Journal of Apicultural Research**, v. 48, n. 1, p. 11-14, 2009b.

TOLEDO, V.A.A.; NEVES, C.A.; ALVES, E.M.; OLIVEIRA, J.R.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; FAQUINELLO, P. 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.

TOLEDO, V.A.A.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Infestação de colônias híbridas de abelhas *Apis mellifera* pelo ácaro *Varroa jacobsoni*. **ARS Veterinaria**, v. 12, n. 1, p. 104-112, 1996.

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.

VAN DER STEEN, J. Effect of a home-made pollen substitute on honey bee colony development. **Journal of Apicultural Research**, v.46, n.2, p. 114–119, 2007.

VAN DER ZEE, R.; BRODSCHNEIDER, R.; BRUSBARDIS, V.; CHARRIÈRE, J.D.; CHLEBO, R.; COFFEY, M.F.; DAHLE, B.; M.M.; KAUKO, L.; KRETAVICIUS, J.; KRISTIANSEN, P.; MUTINELLI, F.; OTTEN, C.; PETERSON, M.; RAUDMETS, A.; SANTRAC, V.; SEPPÄLÄ, A.; SOROKER, V.; TOPOLSKA, G.; VEJSNAES, F.; GRAY, A. Results of international standardised beekeeper surveys of colony losses for winter 2012-2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. **Journal of Apicultural Research**, v.53, n.1, p.19-34, 2014.

VAN DOOREMALEN, C.; GERRITSEN, L.; CORNELISSEN, B.; VAN DER STEEN, J.J.M.; VAN LANGEVELDE, F.; BLACQUIERE, T. Winter survival of individual honey bees and honey bee colonies depends on level of *Varroa destructor* infestation. **PLoS ONE**, v. 7, n.4, 2012.

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

WIELEWSKI, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; COSTA-MAIA, F.M.; FAQUINELLO, P.; LINO-LOURENÇO, D.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; LOPES DE OLIVEIRA, C.A.; SEREIA, M.J. Relationship between hygienic behavior and *Varroa destructor* mites in colonies producing honey or royal Jelly. **Sociobiology**, v.59, n.1, p. 251-274, 2012.

WILSON-RICH, N.; SPIVAK, M.; FEFFERMAN, N.H.; STARKS, P.T. Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies. **Annual Review of Entomology**, v.54, p. 405–23, 2009.

YANG, X.; COX-FOSTER, D. Effects of parasitization by *Varroa destructor* on survivorship and physiological traits of *Apis mellifera* in correlation with viral incidence and microbial challenge. **Parasitology**, v.134, n.3, p. 405–412, 2007.

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar os parâmetros de desenvolvimento e produção das colônias com rainhas selecionadas para diferentes características.

Avaliar a aceitação de rainhas de diferentes origens e a sobrevivência das colônias, verificando a influência da suplementação alimentar.

Avaliar a relação entre as características de comportamento higiênico e variáveis relacionadas com a infestação por varroa em colônias com rainhas de diferentes origens.

Capítulo II: Artigo 1: Desenvolvimento de colônias de *Apis mellifera* africanizadas formadas com rainhas selecionadas para diferentes características

RESUMO. Avaliou-se, em dois experimentos, a infestação por varroa e o desenvolvimento de colônias de *A. mellifera* com rainhas selecionadas para produção de mel, geleia real e não selecionadas, correlacionando-se com as variáveis climáticas. No experimento I, em Campo Alegre/SC, utilizaram-se dez colmeias Langstroth e no experimento II, em Mafra/SC, utilizaram-se 15 colmeias Schenk. Procedeu-se ao mapeamento das áreas de cria aberta, operculada, mel e pólen, na data de introdução, aos 45 e 90 dias após a introdução das rainhas. No experimento I houve interação entre o tipo de seleção da rainha e a época de avaliação para as áreas de cria operculada, mel e total de alimento. O grupo selecionado para geleia real apresentou maior área de cria operculada e menor área de mel aos 90 dias. A infestação por varroa foi menor ($p < 0,05$) aos 90 dias. No experimento II, não foi encontrada interação para as características avaliadas. As áreas de cria operculada, total de cria e total ocupada da colônia apresentaram efeito do tipo de seleção da rainha e época de avaliação. A alta umidade relativa do ar influenciou o maior armazenamento de mel para o grupo local. Os diferentes grupos de rainhas responderam diferentemente em função do ambiente no qual estão inseridas.

Palavras-chave: seleção de rainhas, mel, geleia real, *Varroa destructor*.

Performance of Africanized *Apis mellifera* colonies settled by queens selected for different traits

ABSTRACT: Evaluating varroa infestation and the performance of *A. mellifera* colonies with queens selected for honey and royal jelly production, and also unselected queens, correlating with climatic variables. In Campo Alegre, state of Santa Catarina, Brazil was performed the experiment I using 10 Langstroth hives and in Mafra, state of Santa Catarina, Brazil the experiment II with 15 Schenk hives. A mapping in areas of sealed and unsealed brood, honey and pollen was performed at the queen honey introduction day and at 45 and 90 days after. In experiment I there was an interaction among the selection type of the queen and the evaluation period for areas of sealed brood, honey and total stored food. The selected group for royal jelly production presented larger sealed brood area and smaller honey area at 90 days. The varroa infestation was lower ($p < 0.05$) at 90 days. The sealed brood area, the total brood and the total occupied area in the colony presented effect in the type of queen selection and the evaluation period. The high relative humidity caused higher honey storage for the local group. The different groups of queens presented different behavior according to the environment in which they are settled.

Key words: queen selection; honey production; royal jelly production; *Varroa destructor*.

Introdução

A apicultura é uma atividade em expansão, apresentando grande importância social, econômica e ecológica. Além de ser adequada às propriedades de agricultura familiar, também se destaca como uma das atividades de maior desenvolvimento do agronegócio (KHAN et al., 2009). Entretanto, a média nacional de produtividade de mel ainda é considerada baixa, atingindo apenas 18 kg/colmeia/ano (IBGE, 2012).

Entre os principais fatores determinantes da baixa produtividade destaca-se a qualidade genética das rainhas. O desenvolvimento e a produtividade de uma colônia de *Apis mellifera*

dependem, basicamente, da idade e das características de sua rainha (BIENEFELD et al., 2007), sendo desejável que estas sejam jovens (AKYOL et al., 2007) e portadoras de boas características genéticas (COSTA-MAIA et al., 2011).

A população de uma colônia é determinada pela capacidade de oviposição da rainha e de adaptação às diferentes condições ambientais (BIENEFELD et al., 2007). A quantidade de ovos e larvas irá determinar a população da colônia, além de estimular as operárias ao forrageamento, pela liberação de feromônios. A maior liberação do feromônio pelas crias estimula maior consumo de pólen pelas operárias nutrizas para a alimentação das larvas e da rainha, estimulando, por sua vez, maior taxa de postura e, conseqüente, aumento da cria e da população (PANKIW et al., 2008).

A avaliação do desenvolvimento da colônia permite verificar se há falhas na atividade de postura da rainha, bem como verificar o desempenho das operárias na coleta de alimentos para o provisionamento da mesma. O desenvolvimento da colônia também é influenciado pelo clima e disponibilidade de alimento da região, sendo que a disponibilidade de recursos alimentares determina a quantidade de crias produzidas (COSTA et al., 2007).

O funcionamento da colônia ocorre por meio de um sistema de *feed back* envolvendo a atividade da rainha e as condições ambientais internas e externas da colônia. Quando uma colônia possui uma rainha de boa qualidade espera-se uma alta taxa de oviposição e cria viável, resultando em uma população vigorosa, o que irá determinar a manutenção e o sucesso da colônia (BIENEFELD et al., 2007), assim como maior resiliência às alterações ambientais.

A disponibilização de rainhas selecionadas para características produtivas, bem como para o comportamento higiênico é determinante para o aumento da produtividade das colônias (COSTA-MAIA et al., 2011), contribuindo para a expansão e fortalecimento do agronegócio apícola no país. O material genético selecionado em programas de melhoramento, entretanto, deve ser avaliado em condições de campo, a fim de validar a efetividade da seleção, bem como a adaptação das linhagens em outras regiões. Esta avaliação permite também melhor entendimento das interações genótipo-ambiente, visto que, ainda existem poucos estudos sobre estas interações com abelhas (FAQUINELLO et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de colônias de *A. Mellifera* com rainhas selecionadas para a produção de mel e para a produção de geleia real, em duas regiões, correlacionando com o nível de infestação por *V. destructor*, produtividade de mel e variáveis climáticas.

Material e métodos

Dois experimentos foram conduzidos para a avaliação das rainhas. Em ambos, foram avaliados dois grupos de rainhas do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá, procedentes de Maringá, situada na região Noroeste do Estado do Paraná, localizada à latitude 23°25'30" Sul e longitude 51°56'20" Oeste, com altitude de 550 m e clima subtropical - Cfa de Köppen.

Um grupo foi composto por filhas de rainhas selecionadas com base na avaliação genética de rainhas matriz espara produção de mele comportamento higiênico. A seleção para produção de mel foi realizada por meio da avaliação das características morfométricas e peso à emergência das rainhas e para comportamento higiênico por meio da avaliação da remoção de crias mortas em 24 h por abelhas operárias em colônias filhas das rainhas matrizes (COSTA-MAIA et al., 2011; WIELEWSKI et al., 2012). O outro grupo foi composto por filhas de rainhas selecionadas para produção de geleia real com auxílio de marcadores moleculares para a expressão da proteína MRJP3 (BAITALA et al., 2010) apresentando tendência a homozigose para este loco (PARPINELI et al., 2014). No experimento II, além destes grupos, também foi avaliado um grupo local de rainhas, as quais foram escolhidas ao acaso no apiário e não passaram por nenhum processo de seleção genética.

As rainhas do programa de seleção foram produzidas no setor de apicultura da Universidade Estadual de Maringá, utilizando-se o método adaptado de Doolittle (1889), a partir de colônias matrizes selecionadas para mel e matrizes selecionadas para geleia real. As rainhas foram fecundadas ao ar livre, em Maringá/PR, utilizando-se núcleos de fecundação individual.

As colônias foram orfanadas com antecedência de 24 h para a introdução das rainhas, em ambos os experimentos. As mesmas foram introduzidas em gaiolas, modelo JZ/BZTM, sem a presença das acompanhantes, em um favo central do ninho, contendo cria operculada ou cria aberta. O delineamento inteiramente casualizado foi utilizado, com cinco repetições para cada grupo de rainhas avaliado. Nos experimentos I e II, as variáveis avaliadas foram: as áreas de cria aberta (ovo+larva), cria operculada (pupa), alimento (mel e pólen) e o percentual de infestação por *V. destructor* em abelhas adultas.

A avaliação das áreas de cria e alimento foi realizada utilizando uma adaptação do método de Al-Tikrity et al. (1971). A infestação por varroa foi realizada utilizando o método descrito por Stort et al. (1981). As avaliações foram realizadas na data da introdução das rainhas (Inicial), aos 45 dias e aos 90 dias após a introdução, sendo que o período de avaliação correspondeu ao período do início do inverno até o início da primavera. No experimento II foi

avaliada a produtividade de mel, sendo realizada apenas uma colheita de mel, no mês de outubro de 2012. A produção de mel por colônia foi calculada pela diferença entre o peso das melgueiras cheias e vazias após centrifugação.

As informações climáticas foram fornecidas pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - Ciram, a partir do registro diário das estações meteorológicas localizadas no município de Campo Alegre/SC e de Mafra/SC, para o experimento I e II, respectivamente.

Experimento I

O experimento I foi instalado em um apiário localizado no município de Campo Alegre, no Estado de Santa Catarina, situado à latitude 26°11'34" Sul e longitude 49°15'57" Oeste a altitude de 870 m e predominância do clima temperado - Cfb de Köppen (figura 1).

A introdução das rainhas fecundadas e marcadas ocorreu no mês maio de 2012. As colônias receberam aproximadamente 300 g de pasta energética-proteica, composta por açúcar, mel e pólen, fornecida sobre os favos. Uma semana após a introdução das rainhas iniciou-se, na região, a floração da espécie nativa *Mimosa scabrella* (Bracatinga).

Foram utilizadas dez colônias de *A. mellifera* instaladas em núcleos com cinco quadros, padrão Langstroth sendo que cada lado do quadro correspondia a uma área de 760 cm². Logo que todos os quadros do núcleo foram ocupados com cria e alimento, as colônias foram transferidas para colmeias padrão Langstroth com dez quadros de ninho.

Experimento II

O experimento II foi instalado em um apiário localizado no município de Mafra/SC, situado à latitude 26°06'39" Sul e longitude 49°48'18" Oeste à altitude de 793 m e predominância do clima temperado - Cfb de Köppen (figura 1).

A introdução das rainhas fecundadas ocorreu no mês de junho de 2012. As colônias receberam 600 mL de alimento energético composto por açúcar e mel, na proporção de 2:1, fornecido em alimentadores tipo Boardman. O apiário foi instalado próximo a uma lavoura de canola (*Brassica napus*) em estágio inicial de desenvolvimento, sendo que a mesma atingiu o pleno florescimento 40 dias após a introdução das rainhas. Aproximadamente 15 dias após a introdução das rainhas, teve início a floração da espécie nativa, *M. scabrella* (Bracatinga).

Foram utilizadas 15 colônias de *A. mellifera* instaladas em colmeias padrão Schenk, compostas por 15 quadros, sendo que cada lado do quadro correspondia a uma área de 504 cm². Acrescentaram-se melgueiras conforme o desenvolvimento das colônias e fluxo de néctar.

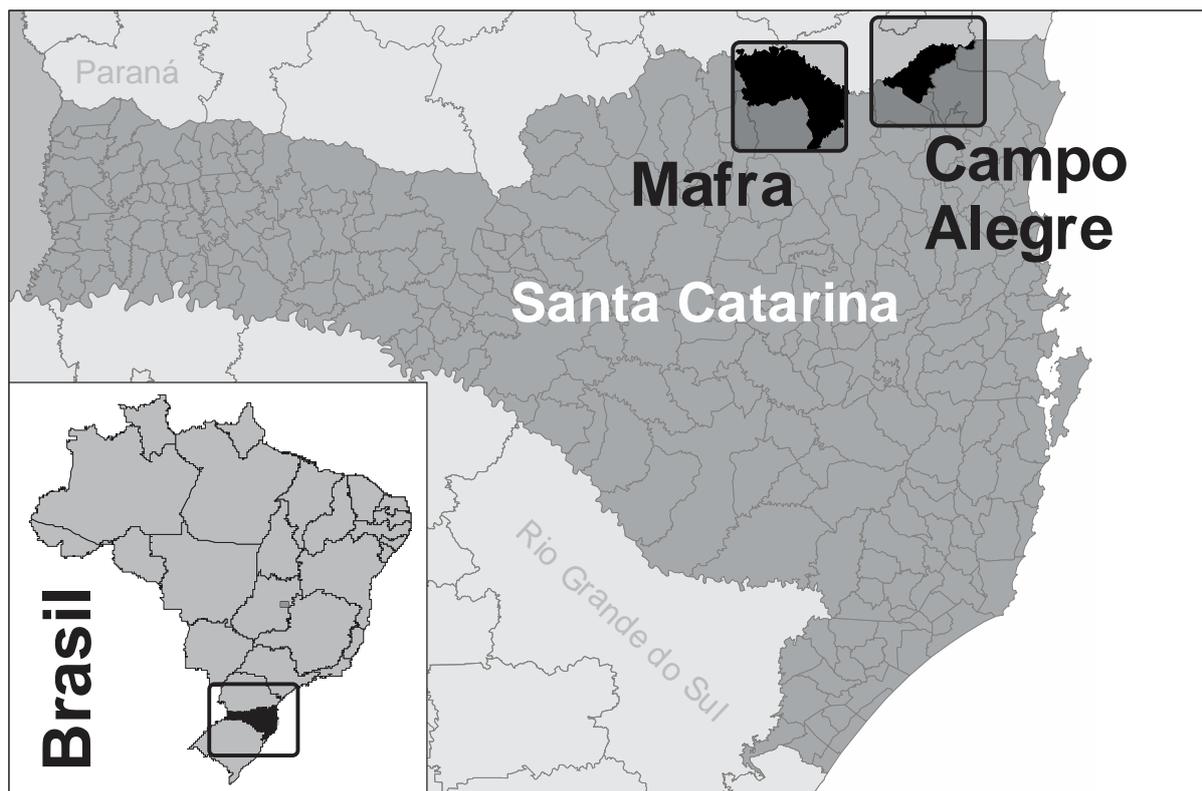


Figura 1: Mapa de localização dos municípios onde foram instalados os apiários do experimento I (Campo Alegre) e do experimento II (Mafra), no Estado de Santa Catarina, Brasil.

Análises estatísticas

O software SAS foi utilizado para os procedimentos estatísticos (SAS, 2012). Os dados foram submetidos previamente ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade da variância. As análises indicaram que todas as variáveis apresentavam distribuição normal ($p < 0,05$). Sendo assim, os dados foram submetidos à análise de variância, implementada no PROC GLM, considerando-se o delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos dispostos no esquema fatorial. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Para verificar a influência das condições climáticas sobre as variáveis, realizou-se uma análise de regressão múltipla dos dados climáticos com os parâmetros de desenvolvimento da colônia e infestação por *V. destructor* pelo método de “StepWise”.

Resultados e discussão

Experimento I

Houve efeito da época de avaliação para as áreas de cria aberta e de pólen. As maiores áreas para estas variáveis foram verificadas aos 90 dias após a introdução das rainhas ($p < 0,05$) (tabela 1).

Tabela 1. Área ocupada em cm², para cria aberta, cria operculada, mel, pólen, área total de cria, área total de alimento, área total ocupada da colônia, e infestação por *V. destructor*, para colônias com rainhas selecionadas para mel e selecionadas para geleia real, no experimento I

Avaliação*	Tipo de seleção da rainha		Média	CV (%) ¹
	Mel	Geleia real		
Cria aberta (ovos +larvas)				
Inicial	836,0 ± 304,0	1045,0 ± 285,0	940,5 ± 201,4 b ²	
45 dias	1330,0 ± 190,0	2280,0 ± 0,0	1805,0 ± 217,1 b	
90 dias	4560,0 ± 438,8	3800,0 ± 1160,9	4180,0 ± 580,5 a	42,6
Média	1931,7 ± 489,4 A	2242,0 ± 495,3 A		
Cria operculada (pupas)				
Inicial	380,0 ± 169,9	627,0 ± 337,6	503,5 ± 169,9	
45 dias	330,6 ± 162,8	633,3 ± 126,7	481,97 ± 116,6	
90 dias	3040,0 ± 1520,0 B	7093,3 ± 1013,3 A	5066,7 ± 1220,2	68,4
Média	1028,5 ± 484,2	2568,8 ± 1029,3		
Mel				
Inicial	2736,0 ± 515,5	3990,0 ± 363,8	3363,0 ± 380,0	
45 dias	2850,0 ± 950,0	3293,3 ± 670,3	3071,7 ± 574,5	
90 dias	4433,3 ± 705,3 A	1266,7 ± 253,3 B	2850,0 ± 783,4	39,4
Média	3198,3 ± 437,4	2964,0 ± 445,3		
Pólen				
Inicial	380,0 ± 169,9	0,0 ± 0,0	190,0 ± 111,7 b	
45 dias	45,6 ± 45,6	126,7 ± 126,7	86,1 ± 56,2 b	
90 dias	760,0 ± 219,4	1013,3 ± 506,7	886,7 ± 253,3 a	112,4
Média	363,5 ± 115,8 A	342,0 ± 199,9 A		
Área total com cria (ovos+larvas+pupas)				
Inicial	1216,0 ± 368,4	1672,0 ± 604,0	1444,0 ± 323,9 b	
45 dias	1660,6 ± 323,2	2913,3 ± 126,7	2286,9 ± 310,2 b	
90 dias	7600,0 ± 1160,9	10893,3 ± 1266,7	9246,7 ± 1064,3 a	33,6
Média	2960,2 ± 864,3 B	4810,8 ± 1395,6 A		
Área total com alimento (mel+pólen)				
Inicial	3116,0 ± 486,6	3990,0 ± 363,8	3553,0 ± 333,8	
45 dias	2895,6 ± 917,1	3420,0 ± 658,2	3157,8 ± 559,8	
90 dias	5193,3 ± 770,5 A	2280,0 ± 760,0 B	3736,7 ± 811,6	37,0
Média	3561,9 ± 469,9	3306,0 ± 375,9		
Área total ocupada (cria+alimento)				
Inicial	4332,0 ± 391,2	5662,0 ± 412,2	4997,0 ± 354,2 b	
45 dias	4556,2 ± 894,0	6333,3 ± 770,5	5444,8 ± 664,9 b	
90 dias	12793,3 ± 552,1	13173,3 ± 2026,7	12983,3 ± 943,2 a	23,1
Média	6522,1 ± 1141,2 B	8116,8 ± 1249,9 A		
Infestação por <i>V. destructor</i> (%)				
45 dias	11,0 ± 2,6	6,5 ± 1,3	8,8 ± 1,7 a	
90 dias	4,7 ± 0,9	2,5 ± 2,2	3,6 ± 1,1 b	34,5
Média	7,9 ± 1,9 A	4,5 ± 1,5 A		

Média ± erro-padrão; ¹CV(%) - coeficiente de variação; ²Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). *Houve variação no número de repetições entre os períodos de avaliação por perdas de colônias por morte, desaparecimento ou enxameação, sendo: rainhas selecionadas para mel: Inicial: n=5; 45 dias: n=4; 90 dias: n=3 e rainhas selecionadas para geleia real: Inicial: n=4; 45 dias: n=3; 90 dias: n=3.

Houve interação significativa entre o tipo de seleção da rainha e a época de avaliação para as áreas de cria operculada, mel e total ocupada com alimento. O grupo de rainhas selecionadas

para geleia real apresentou maior área de cria operculada e menor área de mel e total ocupada com alimento (mel+pólen) aos 90 dias após a introdução das rainhas (tabela 1).

Verificou-se efeito do tipo de seleção da rainha e da época de avaliação para as áreas total ocupada com cria (ovos+larvas+pupas) e a total ocupada da colônia (cria+alimento). As médias para estas variáveis foram superiores ($p < 0,05$) aos 90 dias após a introdução das rainhas. O grupo selecionado para produção de geleia real apresentou área de ocupação com cria e de ocupação total da colônia significativamente superior (tabela 1).

A infestação por *V.destructor* foi menor ($p < 0,05$) aos 90 dias após a introdução das rainhas e não houve diferença entre os dois grupos avaliados (tabela 1). Os resultados obtidos corroboram com os de Harris e Harbo (2000), ao verificarem que a infestação por varroa não apresentou alterações no primeiro ciclo de crias após a introdução da rainha selecionada, sendo que as diferenças foram observadas somente a partir da quinta semana.

A maior área de cria operculada e menor área de alimento para o grupo selecionado para produção de geleia real e a maior área de alimento e menor área de cria operculada para o grupo selecionado para produção de mel evidencia a maior prolificidade do primeiro, possivelmente, em função da maior capacidade de produção de geleia real, o que proporcionou também maior disponibilidade de nutrientes às larvas. As baixas temperaturas registradas neste período (tabela 2) contribuíram para a redução da atividade de forrageamento das abelhas, levando ao maior consumo do alimento armazenado pelas colônias com maior quantidade de crias. É importante, portanto, que o ambiente ofereça suporte a esta condição de prolificidade, tanto em disponibilidade de alimento, como em espaço suficiente para a postura.

Tabela 2. Valores médios das variáveis climáticas para o experimento I e para o experimento II

Período	T (°C)	T max (°C)	T min (°C)	Chuva (mm)	UR (%)
Experimento I (Campo Alegre)					
Inicial	15,1	18,1	11,8	*	90
45 dias	14,3	21,3	9,4	2,2	90
90 dias	14,9	20,1	9,9	10,6	89
Experimento II (Mafra)					
Inicial	13,0	14,4	8,4	3,8	92
45 dias	15,9	22,7	15,9	89,0	90
90 dias	17,2	25,2	11,7	70,6	84

T - temperatura média; Tmax - temperatura máxima; Tmin - temperatura mínima; Chuva - precipitação pluviométrica; UR - umidade relativa do ar. * Dados não registrados pela estação para o período. Os valores apresentados correspondem à média de um período de 45 dias anteriores à data de avaliação.

Fonte: Epagri/Ciram (Estação meteorológica PL-F14MDA – Campo Alegre/Faxinal e PL-F14MDA – Mafra/Campo Novo).

A maior área de cria aberta e de pólen aos 90 dias, independente do tipo de seleção da rainha, evidenciou que houve resposta aos estímulos para postura disponíveis no ambiente por meio da disponibilidade de recursos alimentares. Um dos estímulos se deve ao florescimento

da espécie nativa *M. scabrella*, na semana seguinte à introdução das rainhas, aumentando a disponibilidade de néctar e pólen. Os resultados obtidos corroboram com Jevtic et al. (2009), os quais verificaram que a área de pólen na colônia aumenta paralelamente à área de cria. A área de pólen estocado também é influenciada pelo tamanho da colônia (JEVTIC et al., 2005; 2009; TAHA; AL-KAHTANI, 2013).

A ocupação da colônia, para o período de avaliação, foi de 42,3% (1,3 favos com cria aberta, 0,7 com cria operculada, 2,1 com mel e 0,2 com pólen) para o grupo selecionado para mel e de 53,4% (1,5 favos com cria aberta, 1,7 com cria operculada, 1,9 com mel e 0,2 com pólen) para o grupo selecionado para geleia real. Os resultados obtidos são superiores aos verificados por Costa et al. (2007), em Maringá/PR, no período de um ano, em que a média de ocupação total da colônia foi de quatro favos (38,18%), o que correspondeu a um favo com cria aberta, um com cria operculada, 1,5 com mel e 0,5 com pólen. Os resultados obtidos, no período do inverno, são inferiores aos determinados por Winston (1987) de, no mínimo, 59,17% para que as colônias sejam consideradas produtivas. Entretanto, considerando apenas a ocupação aos 90 dias após a introdução das rainhas, que correspondeu a um período de maior disponibilidade de alimento na região, permitindo às colônias iniciarem o armazenamento de néctar e produção de mel, a média de ocupação da colônia foi de 85,4% (8,5 favos), sendo superiores aos valores determinados por Winston (1987) para que as colônias sejam consideradas produtivas.

A relação entre os parâmetros avaliados e as variáveis climáticas está demonstrada na tabela 3. O grupo selecionado para produção de mel sofreu efeito negativo da temperatura máxima sobre as áreas de cria aberta e total de alimento. A temperatura mínima apresentou efeito positivo sobre as áreas de cria aberta, operculada, pólen e total ocupada com cria, alimento e cria+alimento e efeito negativo sobre a infestação por varroa. A umidade relativa apresentou efeito negativo sobre as áreas de cria aberta, pólen e total ocupada da colônia (tabela 3).

O grupo selecionado para produção de geleia real sofreu efeito negativo da temperatura mínima sobre a área de mel e infestação por varroa e efeito positivo sobre as áreas de cria operculada e total da colônia. A temperatura média apresentou efeito positivo sobre as áreas de pólen e total de alimento. A umidade relativa apresentou efeito negativo sobre as áreas de cria operculada e total ocupada da colônia (tabela 3). Os resultados diferiram dos de Costa et al. (2007) que verificaram correlação positiva entre temperatura máxima e as áreas de mel, total ocupada e total de alimento, e correlação negativa entre temperatura mínima e área de pólen, área total e total de alimento. Os resultados, porém, assemelharam-se aos destes autores quando também verificaram correlação negativa entre temperatura mínima e área de mel.

Tabela 3. Análise de regressão múltipla pelo método “Step Wise”, com os modelos selecionados, para colônias de *A. mellifera* africanizadas com rainhas selecionadas para mel e com rainhas selecionadas para geleia real, no experimento I

Modelo final selecionado	F	P	CV (%)	R ² ajust.
Rainhas selecionadas para mel (n=5)				
CA=8277,1021-69,3744(Tmax)+175,1256(Tmin)-64,0319(UR)	7,67	0,0001	58,01	0,0637
CO=622,8503+95,2163(Tmin)	6,10	0,0141	126,15	0,0170
P=78214998+28,0258(Tmin)-7,7271(UR)	7,37	0,0008	109,84	0,0415
AT=7784,1512+233,0013(Tmin)-64,2417(UR)	8,82	0,0002	71,05	0,0505
AC=3143,4457+80,7492(Tmin)	5,41	0,0208	45,22	0,0148
AA=22273-176,91184(Tmax)+446,6047(Tmin)-163,2938(UR)	7,64	0,0001	49,97	0,0635
VAR=10,3447-0,2216(Tmin)	6,08	0,0142	56,75	0,0170
Rainhas selecionadas para geleia real (n=5)				
CO=7718,5198+243,1607(Tmin)-68,6947(UR)	7,43	0,0007	82,30	0,0486
M=2890,5231-66,0650(Tmin)	6,90	0,0091	54,70	0,0229
P=117,2926+31,9784(Tmd)	4,49	0,0351	116,13	0,0136
AT=11751+298,1616(Tmin)-85,6229(UR)	7,39	0,0008	57,67	0,0483
AA= 6352,4812+240,0673(Tmd)	7,43	0,0069	40,55	0,0249
VAR=5,77-0,1346(Tmin)	3,97	0,0474	74,05	0,0116

CA - cria aberta(ovos+larvas); CO - cria operculada(pupas); M - mel; P - pólen; AC - área total ocupada com cria(ovos+larvas+pupas); AA - área total ocupada com alimento(mel+pólen); AT - área total ocupada da colônia(cria+alimento); VAR - infestação por varroa; Tmd -temperatura média; Tmax - temperatura máxima; Tmin - temperatura mínima; UR - umidade relativa do ar; F -valor de F; P - probabilidade; CV(%) - coeficiente de variação; R² ajust. - R² ajustado

As variáveis climáticas apresentaram efeitos distintos sobre os parâmetros de desenvolvimento das colônias para os diferentes grupos de rainhas avaliados. O aumento da umidade relativa do ar ocasionou menor produção de cria e menor armazenamento de pólen para o grupo selecionado para mel, diminuindo também a área total ocupada com alimento e total ocupada da colônia. O grupo selecionado para geleia real não teve o armazenamento de alimento afetado pela umidade relativa do ar, mas a diminuição da área de cria operculada e total ocupada da colônia.

Experimento II

Não houve interação entre o tipo de seleção da rainha e a época de avaliação. As áreas de cria aberta (ovos+larvas) e de pólen apresentaram efeito significativo da época de avaliação (tabela 4). A área de cria operculada (pupas), a área total de cria (ovos+larvas+pupas) e a área total ocupada da colônia (cria+alimento) apresentaram efeito da época de avaliação e do tipo de seleção da rainha. As médias para estas variáveis foram significativamente superior aos 45 e 90 dias em relação ao período inicial (tabela 4).

Tabela 4. Área ocupada em cm², para cria aberta, cria operculada, mel, pólen, área total de cria, área total de alimento, área total ocupada da colônia, e infestação por *V. destructor*, para colônias com rainhas selecionadas para mel, selecionadas para geleia real e selecionadas no apiário local, no experimento II

Avaliação*	Tipo de seleção da rainha			Média	CV(%) ¹
	Mel	Geleia real	Local		
Cria aberta (ovos+larvas)					
Inicial	277,2 ± 128,5	226,8 ± 140,3	277,2 ± 188,6	260,4 ± 82,9	b ²
45 dias	1461,6 ± 341,8	1638,0 ± 299,9	1915,2 ± 204,7	1671,6 ± 162,0	a
90 dias	1701,0 ± 215,2	1638,0 ± 577,4	1596,0 ± 366,1	1645,0 ± 193,8	a
Média	1146,6 ± 218,7 A	1167,6 ± 265,2 A	1262,8 ± 248,6 A		48,9
Cria operculada (pupas)					
Inicial	252,0 ± 79,7	453,6 ± 94,3	1108,8 ± 188,6	604,8 ± 119,9	b
45 dias	1612,8 ± 293,9	1417,5 ± 566,7	3074,4 ± 244,3	2034,9 ± 282,9	a
90 dias	2520,0 ± 534,6	1512 ± 1049,2	2100,0 ± 444,5	2044,0 ± 379,5	a
Média	1461,6 ± 306,7 AB	1127,7 ± 320,9 B	2094,4 ± 285,9 A		52,5
Mel					
Inicial	1184,4 ± 497,0	1310,4 ± 332,4	2016,0 ± 0,0	1503,6 ± 208,8	a
45 dias	907,2 ± 233,7	1323,0 ± 215,2	1159,2 ± 128,5	1129,8 ± 114,3	a
90 dias	1827,0 ± 799,4	2184,0 ± 1072,4	2100,0 ± 672,0	2037,0 ± 441,3	a
Média	1306,2 ± 293,1 A	1605,8 ± 293,4 A	1758,4 ± 187,4 A		62,7
Pólen					
Inicial	25,2 ± 25,2	25,2 ± 25,2	75,6 ± 50,4	42,0 ± 20,1	b
45 dias	680,4 ± 135,7	630,0 ± 162,7	705,6 ± 201,6	672,0 ± 91,1	a
90 dias	63,0 ± 63,0	252,0 ± 192,5	336,0 ± 222,2	217,0 ± 88,5	b
Média	256,2 ± 97,8 A	302,4 ± 101,9 A	372,4 ± 117,6 A		86,1
Área total com cria (ovos+larvas+pupas)					
Inicial	529,2 ± 100,8	680,4 ± 209,3	1386,0 ± 318,8	865,2 ± 157,4	b
45 dias	3074,4 ± 614,2	3055,5 ± 773,9	4989,6 ± 256,9	3706,5 ± 391,9	a
90 dias	4221,0 ± 416,3	3150,0 ± 962,3	3696,0 ± 510,9	3689,0 ± 352,4	a
Média	2608,2 ± 484,6 AB	2295,3 ± 481,9 B	3357,2 ± 493,4 A		36,8
Área total com alimento (mel+pólen)					
Inicial	1209,6 ± 487,3	1335,6 ± 332,4	2091,6 ± 50,4	1545,6 ± 210,3	a
45 dias	1587,6 ± 346,4	1953,0 ± 297,7	1864,8 ± 204,7	1801,8 ± 159,7	a
90 dias	1890,0 ± 851,5	2436,0 ± 1264,9	2436,0 ± 746,6	2254,0 ± 498,4	a
Média	1562,4 ± 304,7 A	1908,2 ± 339,9 A	2130,8 ± 176,2 A		58,0
Área total ocupada (cria+alimento)					
Inicial	1738,8 ± 399,2	2016,0 ± 347,4	3477,6 ± 353,2	2410,8 ± 283,0	b
45 dias	4662,0 ± 949,6	5008,5 ± 626,6	6854,4 ± 244,3	5508,3 ± 454,3	a
90 dias	6111,0 ± 486,6	5586,0 ± 302,9	6132,0 ± 588,0	5943,0 ± 259,6	a
Média	4170,6 ± 618,5 B	4203,5 ± 542,6 B	5488,0 ± 483,2 A		25,2
Infestação por <i>V. destructor</i> (%)					
45 dias	4,6 ± 1,5	3,2 ± 0,9	1,5 ± 1,2	3,1 ± 0,8	a
90 dias	4,4 ± 1,4	7,6 ± 2,5	3,7 ± 1,9	5,2 ± 1,1	a
Média	4,5 ± 0,9 A	5,4 ± 1,4 A	2,6 ± 1,1 A		35,9

Média ± erro-padrão; ¹CV (%) - coeficiente de variação; ²Médias seguidas por letras distintas, minúscula na coluna e maiúscula na linha, são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05). *Houve variação no número de repetições entre os períodos de avaliação por perdas de colônias por morte, desaparecimento ou enxameação, sendo rainhas selecionadas para mel: Inicial: n=5; 45 dias: n= 5; 90 dias: n= 4; rainhas selecionadas para geleia real: Inicial: n=5; 45 dias: n= 4; 90 dias: n= 3; rainhas local: Inicial: n=5; 45 dias: n= 5; 90 dias: n= 3.

Não houve diferença estatística da infestação por varroa entre os diferentes períodos de avaliação e entre os grupos de rainhas (tabela 4). A maior disponibilidade de pólen verificada aos 45 dias após a introdução das rainhas pode ter contribuído para a manutenção dos níveis de infestação de varroa, pois as fêmeas do ácaro produzem mais descendentes durante a produção de pólen do que em outras estações do ano (MORETTO et al., 1997; MONDRAGÓN et al., 2005, 2006), principalmente, pela maior produção de crias.

A maior área de pólen aos 45 dias após a introdução das rainhas coincidiu com o florescimento da canola (*B. napus*), evidenciando que os três grupos apresentaram potencial semelhante para a coleta do pólen, bem como semelhante população de abelhas. Estes resultados são suportados por Taha; Al-Kahtani (2013) que verificaram que colônias mais populosas armazenaram maior quantidade de pólen do que colônias menos populosas. A diminuição da área de pólen na data seguinte evidencia uma baixa disponibilidade deste recurso no ambiente.

A ocupação da colônia, para o período de avaliação, foi de 27,6% (1,1 favos com cria aberta, 1,5 com cria operculada, 1,3 com mel e 0,3 com pólen) para o grupo com rainhas selecionadas para mel; 27,8% (1,2 favo com cria aberta, 1,1 com cria operculada, 1,6 com mel e 0,3 com pólen) para o grupo com rainhas selecionadas para geleia real e 36,3% (1,3 favo com cria aberta, 2,1 com cria operculada, 1,7 com mel e 0,4 com pólen) para o grupo local de rainhas. Considerando a porcentagem de ocupação aos 90 dias após a introdução das rainhas, período em que houve maior disponibilidade de néctar, pelo início do florescimento de outras espécies além da bracatinga e da canola, as porcentagens de ocupação foram de 40,4%, 36,9% e 40,6% para as colônias com rainhas selecionadas para mel, para geleia real e com rainha local, respectivamente. Os resultados obtidos foram inferiores aos determinados por Winston (1987), em que as colônias para serem consideradas produtivas devem ter no mínimo 59,17% da área total disponível ocupada. Os resultados obtidos aos 90 dias após a introdução das rainhas foram aproximados aos encontrados por Costa et al. (2007), que avaliando colônias de abelhas africanizadas, ao longo de um ano, em Maringá/PR, estimaram área de ocupação total de 38,18%.

A relação entre os parâmetros avaliados e as variáveis climáticas está demonstrada na tabela 5. A temperatura média apresentou efeito positivo sobre a área total de alimento para os grupos selecionado para mel e selecionado para geleia real; efeito negativo sobre a infestação por varroa para o grupo selecionado para mel e sobre as áreas de cria aberta, total da colônia e total de cria, para o grupo local de rainhas. A temperatura máxima apresentou efeito positivo sobre a área de cria operculada para o grupo selecionado para geleia real e sobre as áreas de

cria aberta, operculada, pólen, total da colônia e total de cria para o grupo local de rainhas. A temperatura mínima apresentou efeito positivo sobre as áreas de cria aberta, mel, total ocupada da colônia e total de cria, para os três grupos de rainhas avaliados; efeito positivo sobre a área de cria operculada apenas para o grupo selecionado para mel e sobre a área total ocupada com alimento para o grupo local de rainhas. A precipitação pluviométrica apresentou efeito negativo sobre a área de pólen para o grupo selecionado para mel (tabela 5).

Tabela 5. Análise de regressão múltipla pelo método “Step Wise”, com os modelos selecionados, para colônias de *A. mellifera* africanizadas com rainhas selecionadas para mel, selecionadas para geleia real e grupo local de rainhas, no experimento II

Modelo final selecionado	F	Prob.	CV (%)	R ² ajust.
Rainhas selecionadas para mel (n=5)				
CA=2933,9177+73,4799(Tmin)-28,8507(UR)	73,81	0,0001	52,67	0,2038
CO=3436,6667+125,3075(Tmin)-37,7956(UR)	102,05	0,0001	56,40	0,2621
M=730,8380+45,8529(Tmin)	16,81	0,0001	81,69	0,0270
P=1090,3594-5,7186(pct)-8,4655(UR)	16,43	0,0001	106,11	0,0515
AT=8475,3596+236,8546(Tmin)-77,5157(UR)	89,13	0,0001	41,63	0,2365
AC=6370,5815+198,7874(Tmin)-66,6463(UR)	116,02	0,0001	47,97	0,2879
AA=930,4757+40,5243(Tmd)	10,69	0,0011	67,33	0,0168
VAR=7,4841-0,1477(Tmd)	16,63	0,0001	62,43	0,0267
Rainhas selecionadas para geleia real (n=5)				
CA=3507,0283+75,0481(Tmin)-35,5068(UR)	60,11	0,0001	60,09	0,2006
CO=131,1738+45,4052(Tmax)	23,43	0,0001	92,62	0,0455
M=967,4039+53,0309(Tmin)	21,0	0,0001	62,31	0,0408
P=793,7314+10,0258(Tmax)-7,6495(UR)	20,77	0,0001	93,33	0,0775
AT=9121,2558+194,7844(Tmin)-79,7350(UR)	108,11	0,0001	31,60	0,3126
AC=6225,5909+132,1410(Tmin)-60,4860(UR)	50,02	0,0001	58,89	0,1723
AA=832,4408+67,2233(Tmd)	23,22	0,0001	58,28	0,0451
VAR=-0,4911+0,0692(UR)	8,10	0,0046	71,73	0,0149
Rainhas local (n=5)				
CA= 4191,5646+102,9140 (Tmax)+174,5986(Tmin)- 231,6126(Tmd)-38,5543(UR)	43,79	0,0001	47,78	0,2462
CO=3407,9190+40,3411(Tmax)-23,0048(UR)	39,42	0,0001	37,72	0,1279
M=269,5683+15,3878(UR)	14,94	0,0001	42,15	0,0259
P=891,8407+11,0258(Tmax)-7,9436(UR)	17,08	0,0001	89,37	0,0578
AT=11519+212,9472(Tmax)+356,5099(Tmin)-478,5887(Tmd)- 78,9079(UR)	52,61	0,0001	21,86	0,2826
AC=9788,9680+233,4363(Tmax)+353,5068(Tmin)-520,5730(Tmd)- 80,0240(UR)	44,91	0,0001	35,83	0,2510
AA=1816,2864+22,1670(Tmin)	8,88	0,0030	31,52	0,0148
VAR= -0,17324+0,03042(UR)	3,87	0,0498	106,58	0,0054

CA - cria aberta (ovos+larvas); CO - cria operculada (pupas); M - mel; P - pólen; AC - área total ocupada com cria (ovos+larvas+pupas); AA - área total ocupada com alimento (mel+pólen); AT - área total ocupada da colônia (cria+alimento); VAR - infestação por varroa; Tmd - temperatura média; Tmax - temperatura máxima; Tmin - temperatura mínima; pct - precipitação pluviométrica; UR - umidade relativa do ar; F - valor de F; P - probabilidade; CV(%) - coeficiente de variação; R² ajust. - R² ajustado

Os resultados concordam com os obtidos por Costa et al. (2007) que também verificaram correlação positiva entre a temperatura máxima e a área total de alimento da colônia. Entretanto,

ao contrário do verificado neste estudo, estes mesmos autores encontraram correlação negativa entre a temperatura mínima e a área de mel, total e total de alimento e correlação positiva entre a precipitação pluviométrica e a área de pólen.

A umidade relativa do ar apresentou efeito negativo sobre as áreas de cria aberta, pólen, total da colônia e total de cria, para os três grupos avaliados e sobre a área de cria operculada para os grupos selecionados para mel e rainha local; efeito positivo sobre a infestação por varroa para os grupos selecionados para geleia real e local e sobre a área de mel para o grupo local.

Verificou-se que os três grupos avaliados diminuíram a produção de cria e o armazenamento de pólen com alta umidade relativa do ar, o que também proporcionou menor área total ocupada da colônia. O grupo local de rainhas armazenou maior quantidade de mel com alta umidade relativa do ar. Os grupos selecionados para mel e selecionados para geleia real armazenaram maior quantidade de mel com temperaturas mais elevadas.

A produtividade de mel por colmeia foi de 14,7 kg para o grupo local de rainhas, 6,7 kg para o grupo selecionado para geleia real e de 4 kg para o grupo selecionado para mel. A maior produção de mel para o grupo local de rainhas justificou-se pelo fato deste grupo, além de ter apresentado efeito positivo da umidade relativa do ar, conforme verificado nas análises de relação dos parâmetros de desenvolvimento da colônia com as variáveis climáticas, também apresentou maior área de cria, o que proporcionou para este grupo, maior população de abelhas. Os resultados são suportados por Jevtic et al. (2009) que encontraram forte correlação entre o tamanho da colônia e produção de mel.

Conclusões

As variáveis climáticas apresentaram efeito distinto sobre os parâmetros de desenvolvimento das colônias dos diferentes grupos de rainhas avaliados. Colônias formadas com rainhas mais adaptadas às condições locais, beneficiaram-se quanto ao armazenamento de mel em relação às rainhas introduzidas.

A utilização de rainhas selecionadas com auxílio de marcadores moleculares, oriundas de regiões com diferentes condições climáticas às quais foram submetidas, permitiu o melhor desenvolvimento da colônia em relação à utilização de rainhas selecionadas com base no valor genético.

Agradecimentos

Aos apicultores Martin Sommer, Rubens Sommer e Paulo Waltmam, pela disponibilização dos apiários. Ao apicultor Almir de Oliveira e ao técnico da Epagri, Enio

Frederico Cesconetto, pelo auxílio nas avaliações. Ao CNPq, processos números 479329/2009-5 e 308283/2011 e Fundação Araucária protocolo 15095 convênio 422, pelo suporte financeiro.

Referências

AKYOL, E.; YENINAR, H.; KARATEPE, M.; KARATEPE, B.; ÖZKÖK, D. Effects of queen ages on varroa (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance, **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, p. 143–149, 2007.

AL-TIKRITY, W.S.; HILLMANN, R.C.; BENTON, A.W. A new instrument for brood measurement in a honey bee colony. **American Bee Journal**, v.111, p.20-21,26, 1971.

BAITALA, T.V.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MANGOLIN, C.A.; MARTINS, E.N.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Potential use of major royal jelly proteins (MRJPs) as molecular markers for royal jelly production in Africanized honeybee colonies. **Apidologie**, v. 41, p.160-168, 2010.

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.

COSTA, F.M.; MIRANDA, S.B.; TOLEDO, V.A.A.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; CHIARI, W.C.; HASHIMOTO, H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.1, p. 101-108, 2007.

COSTA-MAIA, F.M.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; LOURENÇO, D.; LINO, A.; SEREIA, M.J.; LOPES DE OLIVEIRA, C.A.; FAQUINELLO, P.; HALAK, A.L. Estimates of covariance components for hygienic behavior in Africanized honeybees (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.9, p.1909-1916, 2011.

DOOLITTLE, G.M. **Scientific Queen-rearing as practically applied**. Chicago:Illinois, 1889.

FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; SEREIA, M.J.; COSTA-MAIA, F.M.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Parameters for royal jelly production in Africanized honeybees. **Sociobiology**, v. 57, n. 3, p. 495-509, 2011.

HARRIS, J.W.; HARBO, J.R. Changes in reproduction of *Varroa destructor* after honey bee queens were exchanged between resistant and susceptible colonies. **Apidologie**, v.31, p.689-699, 2000.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção pecuária municipal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. (v.40, p.1-71).

JEVTIC, G., MLADENOVIC, M.; NEDIC, N. The influence of the quantity of honey bees and honey reserves on wintering of honeybee colonies. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v.21, p. 315-319, 2005.

JEVTIC, G.; MLADENOVIC, M.; ANDELKOVIC, B.; NEDIC, N.; SOKOLOVIC, D.; STRBANOVIC, R. The correlation between colony strength, food supply and honey yield in honeybee colonies. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 25, p. 1141-1147, 2009.

KHAN, A.S.; MATOS, V.D. de; LIMA, P.V.P.S. Desempenho da apicultura no Estado do

Ceará:competitividade, nível tecnológico e fatores condicionantes. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n.3, p. 651-675, 2009.

MONDRAGÓN, L., MARTIN, S., VANDAME, R. Mortality of mite offspring: a major component of *Varroa destructor* resistance in a population of Africanized bees. **Apidologie**, v.37, p.67–74, 2006.

MONDRAGÓN, L., SPIVAK, M., VANDAME, R. A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. **Apidologie**, v. 36, n. 3, p. 345–358, 2005.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. Relationship between food availability and the reproductive ability of the mite *Varroa jacobsoni* in Africanized bee colonies. **American Bee Journal**, v. 137, p. 67–69, 1997.

PANKIW, T.; SAGILI, R.R.; METZ, B.N. Brood pheromone effects on colony protein supplement consumption and growth in the honey bee (Hymenoptera: Apidae) in a subtropical winter climate. **Journal of Economic Entomology**, v.101, n.6, p. 1749-1755, 2008.

PARPINELLI, R.S.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; TOLEDO, V.A.A. MRJP microsatellite markers in Africanized *Apis mellifera* colonies selected on the basis of royal jelly production. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 6724-6733, 2014.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Microsoft Windows**. OnlineDoc[®] for Windows 9.3. Cary: SAS, 2012.

STORT, A.C.; GONÇALVES, L.S.; MALASPINA, O. Study of sineacar effectiveness in controlling *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, v. 12, n. 3, p. 289-297, 1981.

TAHA, A. E.K.; AL-KAHTANI, S.N. Relationship between population size and productivity of honey bee colonies. **Journal of Entomology**, v.10, p.163-169, 2013.

WIELEWSKI, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; COSTA-MAIA, F. M.; FAQUINELLO, P.; LINO-LOURENÇO, D.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; LOPES DE OLIVEIRA, C.A.; SEREIA, M.J. Relationship between hygienic behavior and *Varroa destructor* mites in colonies producing honey or royal jelly. **Sociobiology**, v.59, n.1, p. 251-274, 2012.

WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University Press., 1987.

Capítulo III: Artigo 2: Aceitação de rainhas de abelhas *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) de diferentes origens e sobrevivência das colônias ao inverno

RESUMO. A aceitação de rainhas de diferentes origens, introduzidas em colônias de *Apis mellifera* já estabelecidas foi avaliada em duas épocas do ano. Verificou-se também a sobrevivência ao inverno, a longevidade das colônias e a influência da suplementação alimentar. Foram avaliadas rainhas do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá (Maringá/PR), de um apicultor produtor de rainhas de Santa Terezinha/SC, e rainhas locais (Irineópolis/SC). Houve efeito da origem e época de introdução ($p < 0,05$) na aceitação das rainhas. Rainhas provenientes de Maringá e de Santa Terezinha apresentaram maior taxa de aceitação no mês de abril. Não foi verificado efeito da interação ($p > 0,05$) entre origem e suplementação alimentar para a sobrevivência ao inverno em ambas as épocas de introdução. A suplementação proporcionou maior taxa de sobrevivência ao inverno ($p < 0,05$) e maior longevidade das colônias com rainhas introduzidas em abril. Houve interação ($p < 0,05$) entre origem e suplementação alimentar para longevidade das colônias quando as rainhas foram introduzidas em dezembro. A substituição de rainhas locais por rainhas selecionadas deverá ser realizada no período de outono ou de baixo desenvolvimento das colônias. A suplementação alimentar foi determinante para a sobrevivência das colônias ao inverno e aumentou sua longevidade.

Palavras-chave: substituição de rainhas, seleção de rainhas, suplementação alimentar de abelhas.

Acceptance of *Apis mellifera* queen honeybee (Hymenoptera: Apidae) from different origins and overwintering colonies

ABSTRACT. This study aimed to evaluate queen acceptance from different sources introduced in *Apis mellifera* colonies settled in two seasons. It was verified the winter survival, the colonies longevity and the influence of food supplementation. The evaluated queens came from a selection program of the Universidade Estadual de Maringá – Maringá, state of Paraná, Brazil, from a queen breeder of Santa Terezinha, state of Santa Catarina, and queens from Irineópolis, state of Santa Catarina. There was effect of the origin and the introduction period ($p < 0.05$) in queen acceptance. Queens from Maringá and Santa Terezinha had a higher acceptance probability in April. There was no interaction effect ($p > 0.05$) among origin and food supplementation for the probability of winter surviving in both introduction period. The supplementation increased the probability of winter surviving ($p < 0.05$) and a higher longevity of colonies with queens introduced in April. There was an interaction ($p < 0.05$) of origin and food supplementation for longevity of colonies when the queens were introduced in December. The supersedure of local queens by selected queens should be held in the Autumn or in a period of low colony performance. The food supplementation is very important for winter surviving of the colonies increasing their longevity.

Key words: queen supersedure; queen selection; food supplementation.

Introdução

O aumento da produtividade apícola depende da utilização de técnicas de manejo adequadas, incluindo a substituição periódica de rainhas. No Estado de Santa Catarina, apenas 15% dos apicultores realizavam periodicamente a substituição de rainhas como uma etapa do manejo das colônias (MORETTO et al., 2004). Entretanto, é fundamental que as rainhas substitutas sejam de boa procedência e melhoradas ou selecionadas, pois as demais

características produtivas e comportamentais da colônia serão determinadas, pelo menos em parte, pelo genótipo da rainha (BIENEFELD et al., 2007).

Existem vários métodos para a introdução de novas rainhas em colônias de *Apis mellifera* L. (PEREZ-SATO; RATNIEKS, 2006; PEREZ-SATO et al., 2008), mas todos apresentam problemas de aceitação da mesma (PADILLA et al., 2012). As taxas de aceitação de rainhas virgens africanizadas introduzidas podem variar de 33 a 80%. A aceitação das rainhas e a sobrevivência das colônias a períodos críticos são fatores determinantes para o sucesso deste manejo, pois o mesmo representa considerável custo financeiro. A perda de colônias poderá comprometer a produtividade da atividade, bem como desestimular a prática deste manejo pelo apicultor (MORETTO et al., 2004).

As constantes perdas de colônias durante o inverno podem estar relacionadas, além de outros fatores, ao manejo deficiente e à qualidade genética da rainha. Nos últimos anos, as perdas de colônias no inverno chegaram a 20% ou mais em várias partes do mundo (VAN ENGELSDORP et al., 2007), mais que dobrando as perdas históricas de 5 a 10%, consideradas normais, verificadas até a década de 90 (LE CONTE et al., 2010). A sobrevivência das colônias ao inverno também está relacionada com a idade da rainha, visto que rainhas jovens apresentam maior produção de crias, gerando abelhas operárias por um prolongado período até a chegada do inverno, o que acarreta aumento na longevidade das abelhas (AKYOL et al., 2007; GENERSCH et al., 2010).

A nutrição adequada também influencia na longevidade das abelhas, sendo que suplementos proteicos podem manter o nível de proteína na colônia constante (SEREIA et al., 2010). Quando as necessidades nutricionais das abelhas não são satisfeitas, a capacidade reprodutiva das mesmas é uma das primeiras funções a ser reprimida, atingindo também sua capacidade produtiva e, conseqüentemente, promovendo o enfraquecimento da colônia (SOMERVILLE, 2005). Colônias debilitadas tornam-se mais suscetíveis a diversas ameaças, como doenças, parasitas e predadores. O equilíbrio nutricional desempenha papel crucial no desenvolvimento da resposta imunológica das abelhas (ALAUX et al., 2010).

Nas regiões de clima temperado ou subtropical, durante os meses de inverno, as abelhas regulam a temperatura do ninho e iniciam a produção de crias a partir do meio desta estação para gerar a população da primavera (WINSTON, 1987). Estudos sobre o desenvolvimento de abelhas no inverno revelam que as proteínas de estocagem permitem às colônias continuar a produção de crias em períodos extremamente frios (OTIS et al., 2004). Li et al. (2008) observaram grande variedade de proteínas nas glândulas hipofaríngeas de abelhas selecionadas para alta produção de geleia real, durante o inverno, com destaque para a MRJP3.

Algumas regiões das MRJPs podem ser concentradas em aminoácidos ricos em nitrogênio, indicando que estas proteínas têm importante papel na nutrição das abelhas (MAJTÁN et al., 2006).

O objetivo deste trabalho foi avaliar rainhas de diferentes origens, introduzidas em duas épocas do ano, quanto à aceitação da rainha na colônia, à sobrevivência das colônias ao inverno e a longevidade das colônias. Verificou-se também o efeito da suplementação alimentar na sobrevivência da colônia durante o inverno e sobre a longevidade destas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em um apiário instalado no município de Irineópolis, no Estado de Santa Catarina, situado à latitude 26°17'29" Sul e longitude 50°51'18" Oeste, com altitude de 762 m (figura 1). O clima predominante na região é o Mesotérmico Úmido, com verões amenos - temperado ou Cfb de Köppen. A formação vegetal predominante é a Floresta Ombrófila Mista, com vegetações secundárias e áreas de atividades agrícolas.

Foram avaliados três grupos de rainhas provenientes de diferentes locais. Um grupo foi composto por rainhas do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá, procedentes de Maringá, situada na região Noroeste do Estado do Paraná, localizada à latitude 23°25'30" Sul e longitude 51°56'20" Oeste, com altitude de 550 m e clima mesotérmico úmido com verões quentes - subtropical ou Cfa de Köppen. Estas rainhas são selecionadas para produção de geleia real com auxílio de marcadores moleculares para a expressão da proteína MRJP3 (BAITALA et al., 2010) e apresentam tendência a homozigose para MRJP3 (PARPINELI et al., 2014).

Outro grupo foi composto por rainhas fornecidas por um apicultor e produtor de rainhas do município de Santa Terezinha, no Estado de Santa Catarina, localizado entre os limites do planalto norte catarinense e alto vale do Itajaí, a latitude 26°46'43" Sul, longitude 50°00'29" Oeste e altitude de 610 m. O clima predominante nesta região é o mesotérmico úmido com verões amenos - Cfb de Köppen. Estas rainhas são selecionadas para comportamento higiênico e monitoradas quanto à infestação por *Varroa destructor*. O último grupo foi composto por rainhas que não passaram por nenhum processo de seleção e foram escolhidas aleatoriamente no apiário onde foi instalado o experimento (Irineópolis/SC), com a localização e características descritas anteriormente.



Figura 1: Mapa com a localização do município de instalação do apiário experimental, no Estado de Santa Catarina, Brasil.

Foram utilizadas 40 colônias de abelhas *A. mellifera* africanizadas instaladas em colmeias padrão Langstroth, seguindo-se o delineamento fatorial. A introdução das rainhas nas colônias ocorreu em dezembro de 2012 e em abril de 2013. Todas as rainhas foram marcadas antes da introdução. Em dezembro de 2012, as rainhas foram introduzidas virgens, com sete dias de idade, sendo utilizadas 11 colônias para a introdução de rainhas provenientes de Maringá/PR e 16 colônias para a introdução de rainhas de Irineópolis/SC. Em abril de 2013 as rainhas foram introduzidas fecundadas, sendo utilizadas nove colônias para a introdução de rainhas provenientes de Santa Terezinha/SC e quatro colônias para a introdução de rainhas de Maringá/PR. As colônias foram orfanadas com antecedência de 24 h e as rainhas foram introduzidas em gaiolas, modelo JZ/BZ™, sem a presença das acompanhantes, em um favo central do ninho contendo cria operculada.

As rainhas introduzidas em abril de 2013 foram fecundadas naturalmente, utilizando-se núcleos de fecundação individual. As rainhas procedentes de Maringá/PR foram fecundadas no município de Rio das Antas/SC e as procedentes de Santa Terezinha/SC, no próprio município de origem.

Após a introdução das rainhas, as colônias foram revisadas semanalmente, a fim de verificar a aceitação destas e evitar o ataque de inimigos naturais. As colônias que não

apresentaram aceitação das rainhas foram descartadas, não sendo realizada nova tentativa de introdução. Todas as colônias receberam xarope de açúcar (2:1) a partir da introdução até o pleno estabelecimento da rainha e no período de pouca floração, compreendido entre o mês de abril até o final de junho de 2013

A partir do final de junho de 2013, interrompeu-se o fornecimento de xarope de açúcar para as colônias, por um período de aproximadamente 25 dias. Após este período, iniciou-se o fornecimento de ração para metade das colônias de cada grupo em avaliação, as quais foram sorteadas aleatoriamente. A ração fornecida foi adaptada de Sereia et al. (2010), contendo os mesmos ingredientes proteicos, energéticos e lipídicos, porém com composição nutricional diferenciada, com destaque para a composição proteica de 17% (tabela 1), pela composição nutricional da matéria-prima disponível para a produção da ração. O período de fornecimento da ração foi de 25 de julho a 07 de outubro de 2013, sendo fornecida em alimentadores de cobertura, na quantidade de 50 g de ração/colônia/semana. A cada semana, as porções não consumidas eram recolhidas, pesadas e substituídas por uma nova porção, obtendo-se assim o consumo de ração.

Tabela 1: Composição nutricional calculada da ração utilizada como suplementação alimentar das colônias de abelhas *A. mellifera*, no período de 25 de julho a 07 de outubro de 2013, no município de Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil

Componente	Quantidade	Componente	Quantidade
Matéria seca (%)	86,58	Mat. mineral (%)	1,53
Energia (kcal/kg)	6210,00	Cálcio (%)	0,74
Proteína bruta (%)	17,15	Fósforo (%)	0,82
Gordura (%)	9,85	Potássio (%)	0,74
Aminoácidos:		Ácidos graxos:	
Arginina (%)	0,37	Ácido palmítico (%)	3,18
Cistina (%)	0,16	Ácido Oleico (%)	2,69
Fenilalanina (%)	0,77	Ácido linoleico (%)	1,86
Histidina (%)	0,42	Ácido linolênico (%)	4,83
Isoleucina (%)	0,72	Vitaminas:	
Leucina (%)	1,21	Tiamina (B1) (mg/kg)	411,22
Lisina (%)	1,09	Riboflavina (B2) (mg/kg)	973,52
Metionina (%)	0,25	Niacina (B3) (mg/kg)	10,14
Prolina (%)	0,32	Ácido pantotênico (mg/kg)	1300,00
Tirosina (%)	0,53	Piridoxina (B6) (mg/kg)	190,04
Treonina (%)	0,75	Cianocobalamina B12 (mg/kg)	250,00
Valina (%)	0,82	Ácido fólico (mg/kg)	925,01
Triptofano (%)	0,23	Vitamina A (UI(1000)/kg)	983,30

Fonte: USDA (2013).

As variáveis avaliadas foram: a aceitação das rainhas, caracterizada pelo início da postura em até sete dias após a introdução, para as rainhas fecundadas, e em até 20 dias após a

introdução, para as rainhas introduzidas virgens; a sobrevivência da colônia ao inverno, mediante o acompanhamento semanal por meio de visualização dos favos individualmente e verificação da condição da colônia quanto à população de abelhas e presença da rainha; a longevidade da colônia, medido em dias, contabilizado desde a introdução da rainha até a enxameação da colônia ou morte pelo declínio populacional; e a influência da suplementação alimentar na sobrevivência das colônias ao inverno e na longevidade das colônias.

As informações climáticas de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar foram fornecidas pela Epagri/Ciram, obtidas na estação meteorológica PL-F14MDA/Poço Preto, localizada no município de Irineópolis, a aproximadamente 500 m em linha reta do apiário experimental.

Foram realizadas as análises das diferenças nas taxas de sobrevivência das rainhas introduzidas em função da origem da rainha e da suplementação alimentar e da interação entre estes dois fatores, utilizando-se o procedimento dos modelos lineares generalizados, implementado no PROC GENMOD do SAS versão 9.3(SAS, 2012). Foi admitida a distribuição binomial com função de ligação logit para estas características. A estimação da longevidade (em dias) das colônias em função da origem da rainha e suplementação alimentar foi realizada utilizando-se o mesmo método, considerando a distribuição gamma com função de ligação inversa. Para o grupo de rainhas procedente de Maringá/PR foi possível avaliar as taxas de aceitação da rainha e de sobrevivência ao inverno e a longevidade das colônias em função do mês de introdução. Utilizou-se o procedimento de modelos lineares generalizados, considerando as mesmas distribuições e funções de ligação utilizadas nas análises anteriores, para esta avaliação. As médias foram comparadas pelo teste t ao nível de 5% de significância.

Resultados e discussão

As médias para taxa de aceitação das rainhas introduzidas, longevidade das colônias e taxa de sobrevivência ao inverno, em função da origem e da época de introdução das rainhas, estão apresentados na tabela 2.

Os grupos de rainhas procedentes de Maringá e de Irineópolis, introduzidos em dezembro de 2012, apresentaram diferenças significativas para todas as características avaliadas. Na introdução do mês de abril de 2013 não foram verificadas diferenças significativas entre os grupos de Maringá e de Santa Terezinha, para as características avaliadas.

Houve diferença ($p < 0,05$) na aceitação das rainhas entre os grupos avaliados. Quando estas foram introduzidas no mês de dezembro, as rainhas de Maringá tiveram menor taxa de aceitação (45%) ao serem comparadas com as de Irineópolis (100%). Não houve diferença

($p > 0,05$) para aceitação das rainhas entre os grupos de Maringá e de Santa Terezinha, quando estas foram introduzidas no mês de abril. Considerando apenas o grupo de Maringá, verificou-se diferença ($p < 0,05$) na taxa de aceitação entre os meses de introdução, sendo que a maior taxa de aceitação para este grupo ocorreu no mês de abril (tabela 2).

Tabela 2: Taxa de aceitação das rainhas introduzidas, longevidade da colônia e sobrevivência da colônia ao inverno, com rainhas originárias de Maringá/PR, Santa Terezinha/SC e Irineópolis/SC, introduzidas em dezembro de 2012 e introduzidas em abril de 2013, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil

Dezembro_2012			
	Taxa de aceitação (%)	Longevidade (dias)	Sobrevivência ao inverno (%)
Maringá/PR (n=11)	45 b ¹	256 b	27 b
Irineópolis/SC (n=16)	100 a	357 a	79 a
Abril_2013			
	Taxa de aceitação (%)	Longevidade (dias)	Sobrevivência ao inverno (%)
Maringá/PR (n=4)	100 a	238 a	100 a
Santa Terezinha/SC (n=9)	88 a	192 a	99 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não são estatisticamente diferentes pelo teste t ($p > 0,05$).

A menor taxa de aceitação das rainhas virgens oriundas de Maringá, introduzidas no mês de dezembro, em relação às rainhas virgens de Irineópolis pode estar relacionada ao fato de que as colônias, em condições ainda adequadas para a produção de novas rainhas apresentaram preferência pela produção de rainhas com material genético da própria colônia. Esta hipótese é confirmada quando não há diferença significativa entre o grupo procedente de Maringá e o grupo procedente de Santa Terezinha para o mês de abril.

Outro fator que pode ter interferido na taxa de aceitação é o fato da rainha ter sido introduzida virgem ou fecundada. A introdução, no mês de abril de 2013, das rainhas de Maringá fecundadas, proporcionou maior taxa de aceitação em relação às rainhas introduzidas virgens no mês de dezembro de 2012 deste mesmo grupo. A introdução das rainhas fecundadas, e em um período em que não havia mais viabilidade para a produção de uma nova rainha, contribuiu para o aumento da taxa de aceitação de rainhas de outras origens. Winston (1987) verificou que as rainhas fecundadas apresentaram maior probabilidade de aceitação do que rainhas virgens, ao serem introduzidas em colônias já estabelecidas. Os resultados também corroboram com os encontrados por Moretto et al. (2004), que também verificaram a influência da origem genética da rainha e da época da introdução, sobre as taxas de aceitação de rainhas introduzidas virgens, na região de Blumenau/SC, em 12 períodos de introdução ao longo de um

ano. DeGrandi-Hoffman et al. (2007), avaliando a aceitação de rainhas europeias fecundadas introduzidas em colônias africanizadas, verificaram altas taxas de enxameação das colônias africanizadas cuja introdução ocorreu no verão. Entretanto, a aceitação da rainha não diferiu entre colônias europeias e africanizadas quando a introdução ocorreu na primavera ou no inverno.

As variáveis climáticas temperatura (máxima, mínima e média) e umidade relativa do ar foram diferentes estatisticamente entre os dois períodos de introdução das rainhas, apresentando temperatura e umidade relativa mais elevada no período de dezembro e menores no período de abril. As médias para temperaturas máxima, mínima e média e umidade relativa do ar, para o período de dezembro/2012 foram de 26,3°C, 17,9°C, 21,4° e 90%, respectivamente. Para o período de abril, as médias para estas variáveis foram de 22,4°C, 11,1°C, 16°C e 86%, respectivamente.

Neste estudo foi verificado que a temperatura e umidade relativa do ar foram mais elevadas no período de dezembro de 2012, o que pode ter influenciado negativamente a taxa de aceitação das rainhas de Maringá em relação às rainhas de Irineópolis, as quais eram mais aclimatadas às condições locais. Moretto et al. (2004) e Padilla et al. (2012) também verificaram que as condições climáticas interferiram nas taxas de aceitação de rainhas. No mês de abril de 2013, a temperatura e umidade relativa do ar foram mais baixas, o que levou à diminuição da população de abelhas nas colônias, conforme também foi relatado por Costa et al. (2007). A menor população de abelhas nas colônias, na época da introdução das rainhas no mês de abril de 2013, pode ter sido um dos fatores que levou a maior taxa de aceitação para este período.

Quanto à longevidade das colônias, também foi verificado efeito da origem da rainha quando a introdução das rainhas ocorreu no mês de dezembro ($p < 0,05$), sendo que as colônias do grupo de Irineópolis apresentaram maior longevidade (357 dias), em comparação às colônias do grupo de Maringá (256 dias). A longevidade da colônia para os grupos de Maringá e Santa Terezinha, introduzidos em abril, não foi influenciado pela origem da rainha ($p > 0,05$), sendo que a média de duração para estes grupos foi de 238 e 192 dias, respectivamente (tabela 2).

A longevidade das colônias também está relacionada com a qualidade das rainhas. Características como o peso ao emergir (KAHYA et al., 2008; SOUZA et al., 2013), época e disponibilidade de zangões para a fecundação (HERNÁNDEZ-GARCÍA et al., 2009), idade de fecundação da rainha (PADILLA et al., 2012) afetaram a sua capacidade de oviposição, o que determinou o desempenho produtivo e duração da colônia.

Comparando os grupos de Maringá e de Irineópolis, com rainhas introduzidas em dezembro, verificou-se diferença ($p < 0,05$) entre os grupos quanto à sobrevivência ao inverno.

As colônias com rainhas de Irineópolis apresentaram maior taxa de sobrevivência ao inverno em relação às colônias com rainhas de Maringá. Não houve diferença ($p>0,05$) para a taxa de sobrevivência ao inverno entre os grupos de Maringá e de Santa Terezinha com rainhas introduzidas no mês de abril (tabela 2).

A maior taxa de sobrevivência ao inverno de colônias com rainhas de Irineópolis, introduzidas em dezembro, evidencia que há efeito genético na sobrevivência ao inverno, em que as colônias mais adaptadas às condições climáticas locais, tem maiores chances de sobreviver ao inverno. Essa diferença, entretanto, não foi observada para as rainhas procedentes de Maringá e de Santa Terezinha introduzidas no mês de abril. A sobrevivência das colônias ao inverno também está relacionada com a idade da rainha, visto que rainhas mais jovens apresentaram maior produção de crias, gerando abelhas operárias por um prolongado período até a chegada do inverno, o que acarretou aumento na longevidade das abelhas (AKYOL et al., 2007; GENERSCH et al., 2010). Van der Zee et al. (2014) relataram que há uma ligeira redução na probabilidade de perda de colônias para cada aumento percentual de substituição da rainha antes do inverno.

Não foi verificado efeito da interação ($p>0,05$) entre procedência da rainha e suplementação alimentar para taxa de sobrevivência ao inverno em ambas as épocas de introdução. Na tabela 3 são apresentados os resultados para longevidade das colônias e taxa de sobrevivência ao inverno, em função da suplementação alimentar ou não das colônias, independente da procedência, com rainhas introduzidas em dezembro de 2012 e abril de 2013.

A suplementação alimentar não interferiu ($p>0,05$) na sobrevivência ao inverno, quando as rainhas foram introduzidas no período de dezembro de 2012. Porém, o efeito da suplementação alimentar foi significativo ($p<0,05$) para taxa de sobrevivência ao inverno e longevidade das colônias, quando a introdução ocorreu em abril de 2013 (tabela 3).

Observou-se que, para as rainhas introduzidas em dezembro de 2012, houve efeito significativo ($p<0,05$) da interação entre a procedência da rainha e suplementação alimentar para a longevidade da colônia, (tabela 4). As colônias com rainhas procedentes de Maringá apresentaram maior longevidade ($p<0,05$), quando foram suplementadas, sendo que quando não receberam suplementação a longevidade foi significativamente menor, em relação às suplementadas e em relação às colônias com rainhas de Irineópolis que também não receberam suplementação (tabela 4).

Tabela 3: Longevidade da colônia e taxa de sobrevivência ao inverno, em função da suplementação alimentar fornecida de 25 de julho a 07 de outubro de 2013, para colônias com rainhas introduzidas em dezembro de 2012 e em abril de 2013, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil

Dezembro_2012		
	Longevidade (dias)	Sobrevivência ao inverno (%)
Com suplementação (n=8)	323	75 a ¹
Sem suplementação (n=13)	286	33 a
Abril_2013		
	Longevidade (dias)	Sobrevivência ao inverno (%)
Com suplementação (n=6)	345 a	100 a
Sem suplementação (n=6)	154 b	41 b

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes ($p>0,05$), pelo teste t.

Tabela 4: Longevidade da colônia, em dias, com rainhas introduzidas no mês de dezembro de 2012, procedentes de Maringá/PR e procedentes de Irineópolis/SC, em função da suplementação alimentar, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil

	Maringá/PR	Irineópolis/SC
Com suplementação (n=3)	434,8A ¹ a ²	351,0Aa
Sem suplementação (n=3)	204,1Bb	314,2Aa

¹Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na mesma linha são estatisticamente diferentes ($p>0,05$) pelo teste t.

²Médias seguidas pela mesma letra minúscula na mesma coluna não são estatisticamente diferentes ($p>0,05$) pelo teste t.

Os resultados evidenciaram, portanto, que para o período crítico de disponibilidade de alimento houve a necessidade de suplementação alimentar a fim de assegurar a sobrevivência das colônias ao inverno e que a longevidade das colônias com rainhas introduzidas de outras regiões aumentou com o fornecimento da suplementação alimentar. Suplementos proteicos podem manter o nível de proteína na colônia constante garantindo a nutrição adequada, o que também influencia na longevidade das abelhas (SEREIA et al., 2010).

O consumo total de ração por colônia foi em média de 31,95 g; 65,17 g e 39,36 g, e o consumo médio diário por colônia foi de 0,43 g; 0,96 g e 1,13 g, para as colônias com rainhas procedentes de Maringá, Santa Terezinha e Irineópolis, respectivamente. Sereia et al. (2013), avaliando colônias para a produção de geleia real em Maringá/PR, obtiveram um consumo médio de 25 g/colônia/dia com a utilização de formulação semelhante a do presente estudo, porém, com conteúdo proteico de 25%. Li et al. (2012) relataram que o consumo de alimento pelas abelhas não é influenciado pelo conteúdo protéico, mas pelas características físicas e organolépticas. O baixo consumo neste experimento é atribuído, principalmente, à forma de fornecimento da ração. O fornecimento da ração em alimentadores de cobertura com a abertura

central e paralela aos favos determinou maior tempo para o reconhecimento da disponibilidade do alimento pelas abelhas. Dessa forma, propõe-se a alteração do layout dos alimentadores quanto à abertura para acesso das abelhas ao alimento, para a posição perpendicular aos favos.

Conclusões

A substituição de rainhas locais por rainhas selecionadas oriundas de outras regiões deverá ser realizada, preferencialmente no período de outono ou em período de baixo desenvolvimento das colônias. As rainhas introduzidas fecundadas neste período apresentaram maior taxa de aceitação pela colônia, bem como apresentaram maior probabilidade de sobrevivência da colônia ao inverno.

A suplementação alimentar foi determinante para a sobrevivência das colônias ao inverno, e aumentou a longevidade das colônias com rainhas provenientes de outras regiões.

Agradecimentos

Aos apicultores Gian Bejgere Domingos Bejger, do município de Santa Terezinha/SC, pela doação de um dos grupos de rainhas avaliadas. Ao Grupo de Pesquisas com Abelhas – GPBee, da Universidade Estadual de Maringá, pelo auxílio na produção das rainhas. Ao CNPq, processos números 479329/2009-5 e 308283/2011 e Fundação Araucária protocolo 15095 - convênio 422, pelo suporte financeiro.

Referências

AKYOL, E.; YENINAR, H.; KARATEPE, M.; KARATEPE, B.; ÖZKÖK, D. Effects of queen ages on varroa (*Varroa destructor*) infestation level in honey bee (*Apis mellifera caucasica*) colonies and colony performance, **Italian Journal of Animal Science**, v. 6, p.143–149, 2007.

ALAUX, C.; DUCLOZ, F.; CRAUSER, D.; LE CONTE, Y. Diet effects on honeybee immunocompetence. **Biology Letters**, v. 6, n. 4, p.562-565, 2010.

BAITALA, T.V.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MANGOLIN, C.A.; MARTINS, E.N.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Potential use of major royal jelly proteins (MRJPs) as molecular markers for royal jelly production in Africanized honeybee colonies. **Apidologie**, v. 41, p.160-168, 2010.

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.

COSTA, F. M.; MIRANDA, S.B.; TOLEDO, V.A.A.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; CHIARI, W.C.; HASHIMOTO, H. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera*

africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.1, p.101-108, 2007.

DE GRANDI-HOFFMAN, G.; GILLEYA, D.; HOOPERB, J. The influence of season and volatile compounds on the acceptance of introduced European honey bee (*Apis mellifera*) queens into European and Africanized colonies. **Apidologie** v. 38, n. 3, p.230-237, 2007.

GENERSCH, E.; VON DER OHE, W.; KAATZ, H.; SCHROEDER, A.; OTTEN, C.; BÜCHLER, R.; BERG, S.; RITTER, W.; MÜHLEN, W.; GISDER, S.; MEIXNER, M.; LIEBIG, G.; ROSENKRANZ, P. The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies. **Apidologie**, v. 41, n.3, p.332-352, 2010.

HERNÁNDEZ-GARCÍA, R.; DE LA RÚA, P.; SERRANO, J. Mating frequency in *Apis mellifera iberiensis* queens. **Journal of Apicultural Research**, v. 48, p.121-125, 2009.

KAHYA, Y.; GENÇER, H.V.; WOYKE, J. Weight at emergence of honey bee (*Apis mellifera caucasica*) queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. **Journal of Apicultural Research/Bee World**, v. 47, n.2, p.118–125, 2008.

LE CONTE, Y.; ELLIS, M.; RITTER, W. Varroa mites and honey bee health: can varroa explain part of the colony losses? **Apidologie**, v. 41, n. 3, p.353-363, 2010.

LI, C.; XU, B.; WANG, Y.; FENG, Q.; YANG, W. Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidante status, and total midgut protease activity of honeybee (*Apis mellifera ligustica*). **Apidologie**, v. 43, p.576–586, 2012.

LI, J.; FENG, M.; ZHANG, Z.; PAN, Y. Identification of the proteome complement of hypopharyngeal glands from two strains of honeybees (*Apis mellifera*). **Apidologie**, v. 39, p.199–214, 2008.

MAJTÁN, J.; KOVÁCOVÁ, E.; BÍLIKOVÁ, K.; SIMÚTH, J. The immunostimulatory effect of the recombinant apalbumin 1–major honeybee royal jelly protein–on TNF α release, **International Immunopharmacology**. v. 6, n. 2, p.269-278, 2006.

MORETTO, G.; GUEVARA, J.C.V.; KALVELAGE, H.; ESPINDOLA, E. Maternal influence on the acceptance of virgin queens into Africanized honey bee (*Apis mellifera*) colonies. **Genetics and Molecular Research**, v. 3, p.441–445, 2004.

OTIS, G.W.; WHEELER, D.E.; BUCK, N.; MATTILA, H.R. Storage proteins in winter honey bees. **Apiacta**, v. 38, p.352-357, 2004.

PADILLA, F.; FLORES, J.M.; CAMPANO, F. Efecto de la edad en la supervivencia y fertilidad de reinas de *Apis mellifera iberiensis* introducidas en núcleos de fecundación. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, v. 2, p.175-179, 2012.

PARPINELLI, R.S.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; TOLEDO, V.A.A. MRJP microsatellite markers in Africanized *Apis mellifera* colonies selected on the basis of royal jelly production. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 6724-6733, 2014.

PEREZ-SATO, J.A.; KÄRCHER, M.H.; HUGHES, W.O.H.; RATNIEKS, F.L.W Direct introduction of mated and virgin queens using smoke: a method that gives almost 100%

acceptance when hives have been queenless for 2 days or more. **Journal of Apicultural Research**, v. 47, n. 4, p.243-250, 2008.

PEREZ-SATO, J.A.; RATNIEKS, F.L.W. Comparing alternative methods of introducing virgin queens (*Apis mellifera*) into mating nucleus hives. **Apidologie** v.37, n. 5, p.571-576, 2006.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Microsoft Windows**. OnlineDoc® for Windows 9.3. Cary: SAS, 2012.

SEREIA, M.J.; TOLEDO, V.A.A.; FAQUINELLO, P.; SILVA DE CASTRO, S.E.; RUVOLOTAKASUSUKI, M.C.C.; FURLAN, A.C. Lifespan of Africanized honey bees fed with various proteic supplements. **Journal of Apicultural Science**, v.54, n.2, p.37-49, 2010.

SEREIA, M.J.; TOLEDO, V.A.A.; FURLAN, A.C.; FAQUINELLO, P.; COSTA-MAIA, F.M.; WIELEWSKI, P. Alternative sources of supplements for Africanized honeybees submitted to royal jelly production. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 2, p.165-171, 2013.

SOMERVILLE, D. **Fat bees, skinny bees – a manual on honeybee nutrition for beekeepers**. Rural Industries Research and Development Corporation- RIRDC, Publication n.º 05/054, 2005.

SOUZA, D.A.; BEZZERA-LAURE, M.A.F.; FRANCOY, T.M.; GONÇALVES, L.S. Experimental evaluation of the reproductive quality of Africanized queen bees (*Apis mellifera*) on the basis of body weight at emergence. **Genetics and Molecular Research**, v.12, n.4, p.5382-5391, 2013.

USDA-United States Department of Agriculture. **Nutrient Database for Standard Reference**. 2013. Available from: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>>. Access on: Abr. 2013.

VAN DER ZEE, R.; BRODSCHNEIDER, R.; BRUSBARDIS, V.; CHARRIÈRE, J.D.; CHLEBO, R.; COFFEY, M. F.; DAHLE, B.; M.M.; KAUKO, L.; KRETAVICIUS, J.; KRISTIANSEN, P.; MUTINELLI, F.; OTTEN, C.; PETERSON, M.; RAUDMETS, A.; SANTRAC, V.; SEPPÄLÄ, A.; SOROKER, V.; TOPOLSKA, G.; VEJSNAES, F.; GRAY, A. Results of international standardised beekeeper surveys of colony losses for winter 2012-2013: analysis of winter loss rates and mixed effects modelling of risk factors for winter loss. **Journal of Apicultural Research**, v.53, n.1, p.19-34, 2014.

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

WINSTON, M.L. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University Press., 1987.

Capítulo IV: Artigo 3: Comportamento higiênico de *Apis mellifera* africanizada e reprodução de *Varroa destructor* em colônias com rainhas de diferentes origens

RESUMO. Avaliou-se o comportamento higiênico e variáveis relacionadas ao ácaro varroa em colônias de *Apis mellifera*, com rainhas de diferentes origens, no período de outubro de 2013 a junho de 2014. Foram avaliadas rainhas do programa de seleção da Universidade Estadual de Maringá (Maringá/PR), de um apicultor/produtor de rainhas de Santa Terezinha/SC e rainhas não selecionadas, escolhidas aleatoriamente no apiário experimental (Irineópolis/SC). Colônias com rainhas de Maringá apresentaram elevação da taxa de invasão e reprodução total de varroa conforme houve redução do comportamento higiênico. Esse grupo apresentou redução da reprodução efetiva, com média de 2,3 descendentes férteis. Colônias com rainhas de Santa Terezinha apresentaram elevação da taxa de invasão a partir da redução do comportamento higiênico, porém de maneira menos acentuada, pois esta característica manteve-se estável, com média de 92,0%. A reprodução total e efetiva para este grupo foi de 1,7 e 0,9 descendentes totais e férteis, respectivamente. Colônias com rainhas de Irineópolis apresentaram o menor comportamento higiênico (78,0%) e a mais elevada reprodução total (12,6) e efetiva (5,3). A utilização de rainhas selecionadas interferiu na dinâmica populacional da varroa, contribuindo para a redução das taxas de invasão e reprodução total e efetiva do ácaro.

Palavras-chave: Seleção de abelhas, resistência a parasitas, produção de mel.

Hygienic behavior of Africanized honeybee *Apis mellifera* and *Varroa destructor* reproduction in colonies from different origins

ABSTRACT. This research was carried out to evaluate the hygienic behavior and variables related to the varroa mite in *Apis mellifera* colonies with queens from different origins from October 2013 to June 2014. It was evaluated queens from the selection program at Universidade Estadual de Maringá (Maringá, state of Paraná, Brazil), from a queen breeder of Santa Terezinha, state of Santa Catarina, and non-selected queens randomly chosen in the experimental apiary of Irineópolis, state of Santa Catarina. The colonies from Maringá presented higher invasion rate and total reproduction of varroa according to the reduction of hygienic behavior. This group presented reduction of effective reproduction, averaging 2.3 fertile offspring. The colonies with queens from Santa Terezinha, although less pronounced, presented higher invasion rate from the reduction of hygienic behavior, which remained stable, averaging 92.0%. For this group the total reproduction was 1.7 and the effective reproduction was 0.9. The colonies from Irineópolis had the lowest hygienic behavior (78.0%) and the highest total reproduction (12.6) and effective (5.3). The use of selected queens reduced the varroa population dynamics and reduced invasion rates and total and effective mite reproduction.

Key words: honeybee selection; parasite resistance; honey production

Introdução

O comportamento higiênico das abelhas é um mecanismo natural de resistência às doenças de crias e parasitas (WILSON-RICH, 2009), caracterizado pela desoperulação e remoção de cria morta, doente ou danificada, sendo uma característica herdada (ROTHENBÜHLER, 1964). Segundo Goode et al. (2006), o perfil comportamental das abelhas higiênicas é determinado por múltiplos fatores, incluindo genético, neural, social e ambiental.

Existe associação genética entre o nível de infestação em abelhas adultas pelo ácaro *Varroa destructor* e o comportamento higiênico (HARRIS, 2007). A seleção de abelhas africanizadas para a característica de comportamento higiênico diminui a taxa de reprodução total do ácaro e, conseqüentemente, a taxa de infestação em abelhas adultas (WIELEWSKI et al., 2012). Algumas linhagens de abelhas possuem a capacidade de manter a população de ácaros em níveis baixos, aparentemente por reduzir o sucesso reprodutivo dos ácaros nas crias de operárias (HARBO; HARRIS, 2005). Este comportamento relacionado com a remoção de crias infestadas por varroa foi denominado por Harbo e Harris (2009) de “*Varroa Sensitive Hygiene*” (VSH), sendo que as duas características principais deste comportamento são a remoção de crias infestadas e a alta frequência de ácaros não reprodutivos.

Desde a introdução do *V. destructor* no Brasil, há mais de 30 anos, os níveis de infestação permanecem baixos e não causam danos potenciais para as colônias (JUNKES et al., 2007). Vários fatores contribuem para esta condição, entre eles, a presença da abelha africanizada, as quais são mais resistentes do que as abelhas europeias (TOLEDO; NOGUEIRA-COUTO, 1996), principalmente, pela reduzida fecundidade da fêmea de *V. destructor* em células de crias de operárias de *A. mellifera* africanizadas (ROSENKRANZ et al., 2010). Outras características importantes que limitam a população do ácaro são o comportamento de “*grooming*”, a mortalidade dos ácaros em abelhas adultas (JUNKES et al., 2007) e a mortalidade dos ácaros descendentes (MONDRAGÓN et al., 2006). As condições climáticas e a época do ano também influenciam a capacidade reprodutiva da varroa, sendo que as fêmeas do ácaro produzem mais descendentes durante a produção de pólen do que em outras estações do ano (MONDRAGÓN et al., 2005).

Mais recentemente, entretanto, vêm se verificando mudanças nas taxas de reprodução de *V. destructor*, em diversas regiões do Brasil atribuído à mudança do haplótipo japonês (J) para o haplótipo coreano (K) da varroa (STRAPAZZON et al., 2009). Carneiro et al. (2007) verificaram mudanças na capacidade reprodutiva de *V. destructor* no Estado de Santa Catarina, em que a porcentagem de fêmeas férteis do ácaro aumentou de 56% nos anos de 1980 para 86% em 2005/2006. A diferença na porcentagem de fêmeas que produziram deutoninfas, ou seja, descendentes fêmeas que podem alcançar o estágio adulto foi de 72% em 2005/2006, contra 35% em 1986-1987.

A recente chegada do haplótipo K no Brasil exige novas investigações sobre a dinâmica dessa interação parasita-hospedeiro, pois ainda é pouco conhecido se a gravidade dos efeitos causados pelo *V. destructor* depende do genótipo das abelhas, do genótipo do ácaro ou da interação dos dois (CALDERÓN et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre as características de comportamento higiênico, taxas de infestação e de invasão, bem como o sucesso reprodutivo do ácaro *V. destructor*, em colônias de abelhas *A. mellifera* africanizadas com rainhas de diferentes origens e selecionadas para diferentes características.

Material e métodos

O experimento foi conduzido em um apiário instalado no município de Irineópolis, no Estado de Santa Catarina, situado à latitude 26°17'29" e longitude 50°51'18", com altitude de 762 ms. O clima predominante na região é o mesotérmico úmido, com verões amenos (temperado ou Cfb de Köppen). A formação vegetal predominante é a floresta ombrófila mista, com vegetações secundárias e áreas de atividades agrícolas.

Foram avaliados três grupos de rainhas, provenientes de diferentes regiões e selecionadas por diferentes processos para diferentes características. Um grupo foi composto por rainhas do programa de seleção de abelhas da Universidade Estadual de Maringá, procedentes de Maringá, situado na região Noroeste do Estado do Paraná, localizado à latitude 23°25'30" e longitude 51°56'20", com altitude de 550 m e clima mesotérmico úmido, com verões quentes (subtropical ou Cfa de Köppen). Estas rainhas foram selecionadas para produção de geleia real com auxílio de marcadores moleculares para a expressão da proteína MRJP3 (BAITALA et al., 2010) apresentando tendência a homozigose para este loco (PARPINELI et al., 2014). Outro grupo foi composto por rainhas de um apicultor e produtor de rainhas do município de Santa Terezinha, no Estado de Santa Catarina, localizado entre os limites do planalto norte catarinense e alto vale do Itajaí, à latitude 26°46'43", longitude 50°00'29" e altitude de 610 m, com clima predominante mesotérmico úmido com verões amenos (temperado ou Cfb de Köppen). Estas rainhas foram selecionadas para comportamento higiênico e monitoradas quanto à infestação por *V.destructor*. O último grupo foi composto por rainhas que não passaram por nenhum processo de seleção e foram escolhidas aleatoriamente no apiário onde foi instalado o experimento (Irineópolis/SC), com a localização descrita anteriormente.

As rainhas foram introduzidas entre os meses de dezembro de 2012 e abril de 2013, em 40 colmeias padrão Langstroth, sendo 15 colônias referentes ao grupo procedente de Maringá/PR, nove colônias referentes ao grupo procedente de Santa Terezinha/SC e 16 colônias referentes ao grupo procedente de Irineópolis/SC. Destas 40 colônias, foram avaliadas as que sobreviveram ao inverno de 2013, sendo quatro colônias do grupo de Maringá, quatro colônias do grupo de Santa Terezinha e 12 colônias do grupo de Irineópolis.

Foi adotada como manejo a substituição de dois a quatro favos com cria e alimento por favos com cera alveolada, à medida que as colônias apresentavam ocupação total dos favos do ninho, para proporcionar espaço para o desenvolvimento da colônia e evitar a enxameação. Foram utilizadas telas excludoras de rainhas para evitar a postura da rainha nos favos das melgueiras. As melgueiras foram acrescentadas conforme o desenvolvimento de cada colônia e o fluxo de néctar na região.

As avaliações foram realizadas mensalmente a partir de outubro de 2013 até junho de 2014. Avaliou-se o percentual de infestação por *V. destructor* em abelhas adultas, a taxa de invasão em pupas, a reprodução total e efetiva do ácaro, o comportamento higiênico, o peso total da colônia e a produtividade de mel.

A infestação por *V. destructor* em abelhas operárias adultas foi avaliada utilizando-se o método descrito por Stort et al. (1981), em que foram coletadas entre 100 a 200 operárias adultas por colônia, em frascos contendo álcool 70%. Posteriormente, foi realizada a separação dos ácaros das abelhas e o nível de infestação; em porcentagem, foi obtido pela divisão do número de ácaros pelo número de abelhas. A taxa de invasão em pupas foi avaliada conforme método proposto por De Jong e Gonçalves (1981), que consistia na retirada de 100 pupas de operárias (50 de um lado do favo e 50 do outro lado do favo) com olho marrom e com o corpo em início de pigmentação. Efetuou-se a contagem de ácaros fêmeas adultos e de seus descendentes (ovos, protoninfas e deutoninfas), nas pupas e no interior dos alvéolos. A taxa de invasão foi obtida pela fórmula: taxa de invasão nas pupas de operárias (%) = (número de pupas invadidas/número de pupas analisadas) x 100. A reprodução total (RT) representa o número total de descendentes produzidos pelo ácaro, e a reprodução efetiva (RE) estima o número de descendentes viáveis para reprodução. A reprodução total do ácaro foi determinada pela fórmula: $RT = n^{\circ} \text{ total de descendentes} / n^{\circ} \text{ de fêmeas adultas}$. A reprodução efetiva do ácaro foi determinada pela fórmula: $RE = (n^{\circ} \text{ de deutoninfas} + \text{adultos jovens}) / n^{\circ} \text{ de fêmeas adultas}$.

O comportamento higiênico foi avaliado utilizando-se o método adaptado de Rothenbühler (1964) em que foi retirado de cada colônia um favo contendo crias operculadas de operárias, correspondente à fase de pupa com olhos rosa (17 a 18 dias). Uma secção de favo de 5 x 6 cm (aproximadamente 100 alvéolos) foi cortada e, em seguida, congelada por 24 h. Esta secção foi fotografada para posterior contagem do número de alvéolos operculados. Após 24 h de congelamento, as secções foram devolvidas para as respectivas colônias e, novamente, fotografadas 24 h após a devolução, para análise dos alvéolos desoperculados.

A pesagem das colônias foi realizada sempre à noite, quando todas as abelhas encontravam-se no interior da colmeia. Considerou-se o peso da colmeia com os favos e

descontou-se o peso das melgueiras vazias, alimentador e tela excludora para o cálculo do peso das colônias. A produtividade de mel foi avaliada após duas colheitas, realizadas nos meses de novembro e dezembro de 2013, sendo obtidas pela diferença entre o peso das melgueiras cheias e vazias após centrifugação.

As análises estatísticas das diferenças para as características de comportamento higiênico, da taxa de invasão de varroa em pupas de operárias, da reprodução total, da reprodução efetiva e da infestação por varroa em abelhas adultas em função de procedência da rainha e da época de avaliação e da interação entre estes dois fatores foram realizadas utilizando-se o procedimento dos modelos lineares generalizados, implementado no PROC GENMOD do SAS versão 9.3 (SAS, 2012). A distribuição binomial com função de ligação logit foi admitida para o comportamento higiênico e taxa de invasão de varroa em pupas de operárias e a distribuição Poisson com função de ligação log foi admitida para as características de reprodução total, reprodução efetiva e infestação por varroa em abelhas adultas. As médias para estas características foram comparadas pelo teste t ao nível de 5% de significância.

Os dados de peso das colônias foram submetidos à análise de variância, implementada no PROC GLM do SAS versão 9.3, e foram estimadas curvas de regressão linear em função dos meses de avaliação. As médias para os diferentes grupos de rainhas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Resultados e discussão

Houve efeito de interação entre a origem da rainha e a época de avaliação para a taxa de invasão de varroa em pupas de operárias (figura 1A). O comportamento higiênico apresentou efeito da origem da rainha e interação entre a origem da rainha e a época de avaliação (figura 1B).

A reprodução total, representada pelo número total de descendentes produzidos por varroa fêmea adulta, e a reprodução efetiva, representada pelo número de descendentes férteis, foi analisada em função do número de fêmeas adultas encontradas em células de pupas de operárias em cada colônia. Houve interação entre a origem da rainha e a época de avaliação para o número de ácaros fêmeas adultas. Sendo assim, esta variável não foi incluída no modelo da avaliação do número de descendentes totais e do número de descendentes férteis.

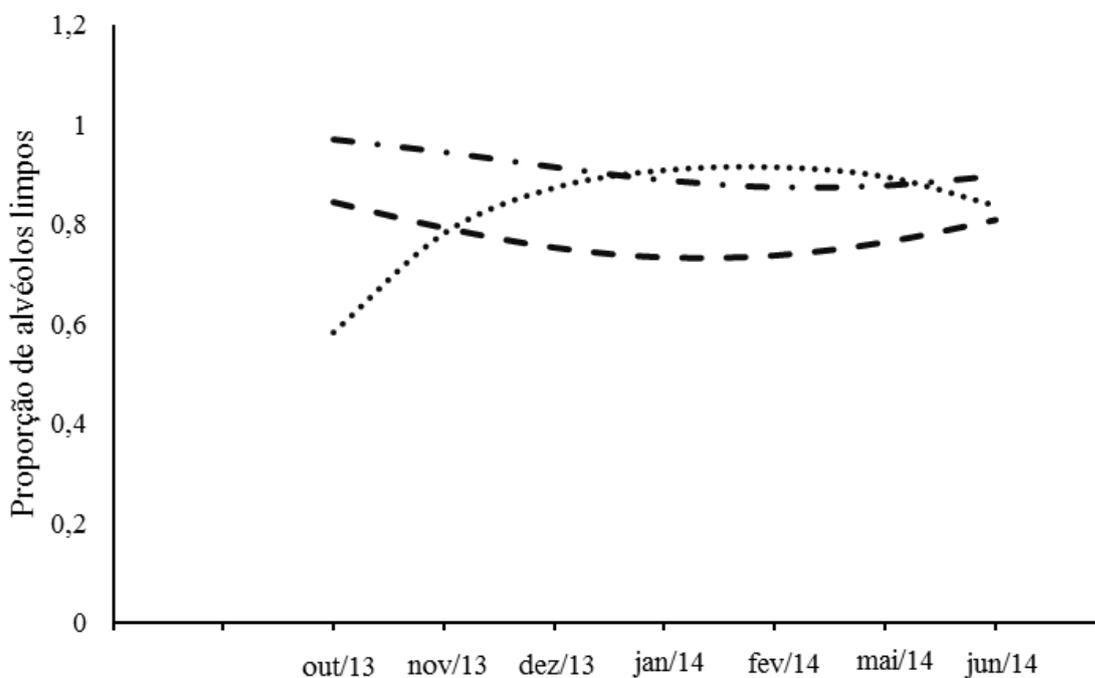
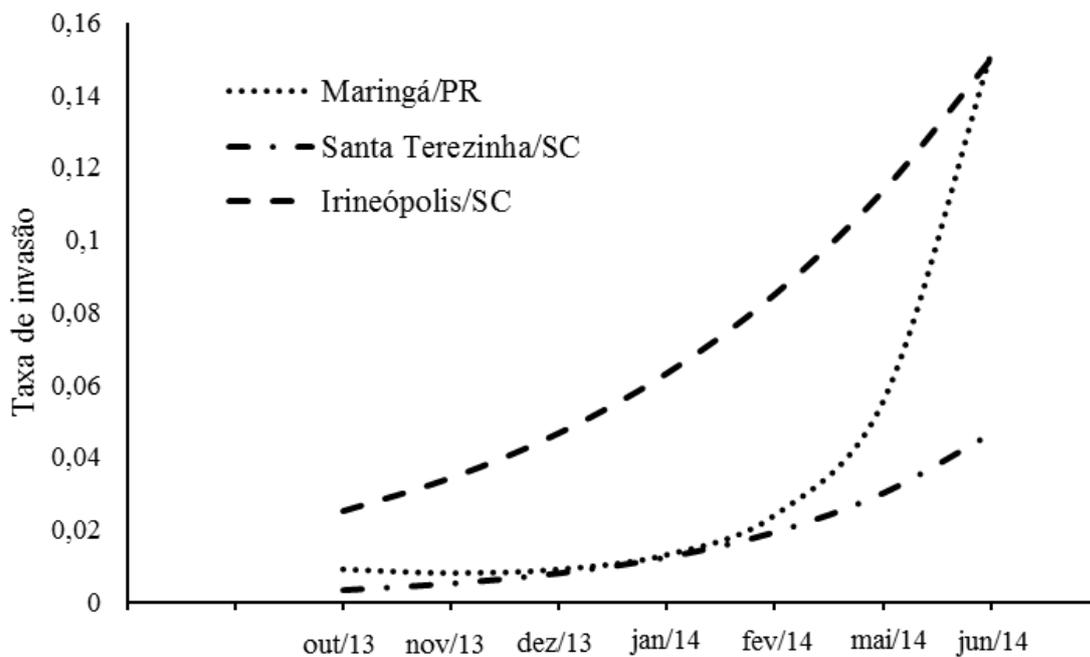


Figura 1: Taxa de invasão por *V. destructor* em pupas de operárias (A) e comportamento higiênico de abelhas *A. mellifera* (B) em colônias com rainhas de Maringá/PR, rainhas de Santa Terezinha/SC e rainhas de Irineópolis/SC. (Equações: (A) Maringá: $y = \exp(-4,5188 + 0,8257 - 0,7429x + 0,1237x^2) / (1 + \exp(-4,5188 + 0,8257 - 0,7429x + 0,1237x^2))$; Sta Terezinha: $y = \exp(-4,2989 - 2,3589 + 0,455x) / (1 + \exp(-4,2989 - 2,3589 + 0,455x))$; Irineópolis: $y = \exp(-4,2989 + 0,3204x) / (1 + \exp(-4,2989 + 0,3204x))$); (Equações (B): Maringá: $y = \exp(2,7523 - 5,1489 + 1,6534x - 0,1438x^2) / (1 + \exp(2,7523 - 5,1489 + 1,6534x - 0,1438x^2))$; Sta Terezinha: $y = \exp(2,7523 + 2,4117 - 1,0282x + 0,0814x^2) / (1 + \exp(2,7523 + 2,4117 - 1,0282x + 0,0814x^2))$; Irineópolis: $y = \exp(2,7523 - 0,6575x + 0,0616x^2) / (1 + \exp(2,7523 - 0,6575x + 0,0616x^2))$)

O número de adultos apresentou interação quadrática com o número de descententes totais e interação linear com o número de descententes férteis. A reprodução total e a reprodução efetiva apresentaram efeito da procedência da rainha para os grupos Maringá e de Santa Terezinha e efeito de interação entre a procedência da rainha e a época de avaliação para os três

grupos avaliados. Esta interação foi quadrática para os grupos procedentes de Maringá (figura 2 A) e de Irineópolis (figura 2 C) e linear para o grupo procedente de Santa Terezinha (figura 2 B).

A infestação por varroa em abelhas adultas apresentou efeito isolado da procedência da rainha e da época de avaliação (figura 3). Verificou-se que o número de ácaros detectados nas amostras foi em função do número de abelhas coletadas. A fim de controlar o vício amostral, o número de abelhas coletadas foi considerado como covariável no modelo. Verificou-se que os menores índices de infestação ocorreram nos meses de novembro e dezembro. A média de infestação foi de 4,9% para o grupo de Maringá, 3,5% para o grupo de Santa Terezinha e 6,1% para o grupo de Irineópolis (tabela 1).

Tabela 1: Média \pm erro-padrão, para as variáveis analisadas, no período de outubro de 2013 a junho de 2014, em colônias com rainhas procedentes de Maringá/PR, de Santa Terezinha/SC e de Irineópolis/SC, em Irineópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil

	TIV (%)	CH (%)	RT	RE	INF (%)
Maringá/PR	2,0 \pm 0,10 b ¹	84,0 \pm 0,06 b	5,7 \pm 0,09 b	2,3 \pm 0,14 b	4,9 \pm 0,07 b
Santa Terezinha/SC	1,0 \pm 0,20 c	92,0 \pm 0,08 a	1,7 \pm 0,16 c	0,9 \pm 0,23 c	3,5 \pm 0,96 c
Irineópolis/SC	6,0 \pm 0,06 a	78,0 \pm 0,03 c	12,6 \pm 0,04 a	5,3 \pm 0,06 a	6,1 \pm 0,45 a

¹Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não são estatisticamente diferentes ($p > 0,05$), pelo teste t.

TIV= taxa de invasão de varroa em pupas de operárias; CH=comportamento higiênico; RT=reprodução total (n.º de descendentes totais); RE= reprodução efetiva (n.º de descendentes férteis); INF= infestação de varroa em abelhas adultas.

Foi verificada relação entre o comportamento higiênico, taxa de invasão de varroa em pupas e reprodução total. Entretanto esta relação apresentou comportamento diferenciado para cada grupo de rainha. Verificou-se, por meio da derivação da equação, que para as rainhas procedentes de Maringá, quando se iniciou um decréscimo do comportamento higiênico, próximo ao mês de fevereiro de 2014, houve uma acentuada elevação da taxa de invasão de varroa em pupas e na reprodução total da varroa. A reprodução efetiva também apresentou aumento, porém em um período posterior, a partir do mês de maio de 2014. A média para esta variável ao longo do período foi de 2,3 descendentes férteis e o comportamento higiênico de 84,0% (tabela 1). Diferenciadamente dos demais grupos de rainhas, o grupo procedente de Maringá apresentou redução da reprodução efetiva do ácaro até o mês de fevereiro de 2014 (figura 2 A).

Os resultados encontrados neste trabalho concordam com Wielewski et al. (2012), que verificaram que a seleção de abelhas africanizadas para a característica de comportamento higiênico diminuiu a taxa de infestação em abelhas adultas pela redução da reprodução total do ácaro. Estes autores obtiveram valores de reprodução total de 1,02 indivíduos para a mesma linhagem do grupo procedente de Maringá, o qual foi avaliado em Maringá/PR e taxas de infestação de 8,3% e de invasão de 9,5%. Entretanto, neste experimento o valor médio de reprodução total para o grupo procedente de Maringá foi mais elevada (5,7) e as taxas de

infestação (4,9%) e de invasão (2,0%) mais baixas do que as encontradas por Wielewski et al. (2012).

O grupo procedente de Santa Terezinha também apresentou elevação da taxa de invasão por varroa em pupas a partir da redução do comportamento higiênico (figura 1). Entretanto, este grupo apresentou altos índices de comportamento higiênico e que se mantiveram estáveis ao longo do período, com a média de 92%. Este grupo também apresentou os menores valores de reprodução total (1,7) e de reprodução efetiva (0,9) do ácaro (tabela 1).

O grupo procedente de Irineópolis apresentou a menor média de comportamento higiênico (78,0%), ocorrendo aumento na taxa de invasão conforme ocorreu a diminuição do comportamento higiênico. Esse grupo apresentou valor máximo de reprodução total e efetiva no mês de fevereiro de 2014 (figura 2 C), quando ocorreram os menores valores de comportamento higiênico (figura 1 C). A média de reprodução total para este grupo foi de 12,58 descendentes e a reprodução efetiva de 5,3 descendentes férteis (tabela 1).

Os valores de reprodução total obtidos neste experimento para o grupo de Santa Terezinha (1,7) são semelhantes aos detectados por Moretto et al. (1996), os quais verificaram valores de reprodução total de 1,7 descendentes avaliando colônias no município de Rio do Sul/SC, no período de 1986/1987. Carneiro et al. (2007), entretanto, verificaram mudanças na capacidade reprodutiva de *V. destructor* no Estado de Santa Catarina, após 20 anos, onde houve acréscimo de 60%, com as fêmeas deixando em torno de 2,6 descendentes na região de Blumenau/SC. Mais recentemente, Carneiro et al. (2014) evidenciaram aumento de 22% em relação a Carneiro et al. (2007), em que o número médio de descendentes por ciclo reprodutivo foi de 3,2 descendentes. O processo de seleção do grupo de Santa Terezinha, baseado em alto comportamento higiênico e baixa infestação por varroa, possivelmente foi o que conferiu a característica de reduzida reprodução total e efetiva associada ao elevado comportamento higiênico deste grupo.

O uso de material genético selecionado, neste experimento, de maneira geral, contribuiu para a redução da reprodução total e efetiva do ácaro, pois o grupo de rainhas de Irineópolis, que não passou por um rigoroso processo de seleção, apresentou reprodução total e efetiva significativamente mais elevada (12,6 e 5,3, respectivamente). Este grupo também apresentou as maiores taxas de infestação em abelhas adultas (6,1%) (tabela 1). Os resultados concordam com Wielewski et al. (2012), em que a baixa reprodução total representou baixa taxa de invasão e infestação por varroa para os grupos com rainhas selecionadas. Harbo; Harris (2001) também verificaram que rainhas selecionadas para a diminuição da reprodução do ácaro varroa mantêm esta característica mesmo fecundando livremente com zangões não selecionados.

A constatação de que o grupo de Maringá apresentou redução da reprodução efetiva até o mês de fevereiro de 2014, deve-se possivelmente a alguma característica deste grupo adquirida pelo processo de seleção do mesmo. Apesar de ter ocorrido a elevação do comportamento higiênico até o mês de fevereiro, não se verificou a redução da reprodução total, mas sim da reprodução efetiva. Algumas características importantes que limitam a população do ácaro em *A. mellifera* africanizadas são o comportamento de “grooming”, a mortalidade dos ácaros em abelhas adultas (JUNKES et al., 2007) e a mortalidade dos ácaros descendentes (MONDRAGÓN et al., 2006). A seleção das abelhas para comportamento higiênico possivelmente selecionou também para estas outras características limitantes para a população de ácaros na colônia. CALDERÓN et al. (2010) relataram que a redução da capacidade reprodutiva do ácaro varroa é o mais importante fator na tolerância das abelhas a este parasita. De todas as características, apenas a não reprodução dos ácaros pode estar altamente correlacionada com mudanças na população destes (HARBO; HARRIS, 2005).

Outro fator que explica melhor estes resultados, é que o grupo de Maringá, procedente de um programa de seleção de abelhas, vem sendo selecionado desde 2007, com auxílio de marcadores moleculares, para a expressão da proteína MRJP3 (BAITALA et al., 2010). Parpineli et al. (2014) indicaram tendência a homozigose para este loco. Li et al. (2008), analisando as proteínas das glândulas hipofaríngeas de abelhas de inverno, selecionadas para alta produção de geleia real, detectaram grande variedade de proteínas, semelhantes às encontradas na geleia real, com destaque para a MRJP3. As MRJPs são as principais proteínas presentes na geleia real secretada pelas glândulas hipofaríngeas das operárias. Estudos sobre a influência da atratividade das crias sobre a taxa de invasão de varroa demonstraram que larvas de rainha e extratos de larvas de rainha foram significativamente menos atrativos do que larvas de operárias e de zangões e que a geleia real apresentou efeito repelente (CALDERONE et al., 2002).

Diante disso, questiona-se a influência da seleção de abelhas para produção de geleia real, baseada na MRJP3, sobre a disponibilização desta proteína na hemolinfa das pupas, e se este fator acarretaria na supressão da capacidade reprodutiva dos ácaros, supostamente por não ser as MRJPs, proteínas eficientes no ciclo reprodutivo destes. Estudos sobre a concentração de MRJPs na hemolinfa, associados às características da capacidade reprodutiva da varroa e comportamento higiênico poderiam esclarecer melhor estes resultados.

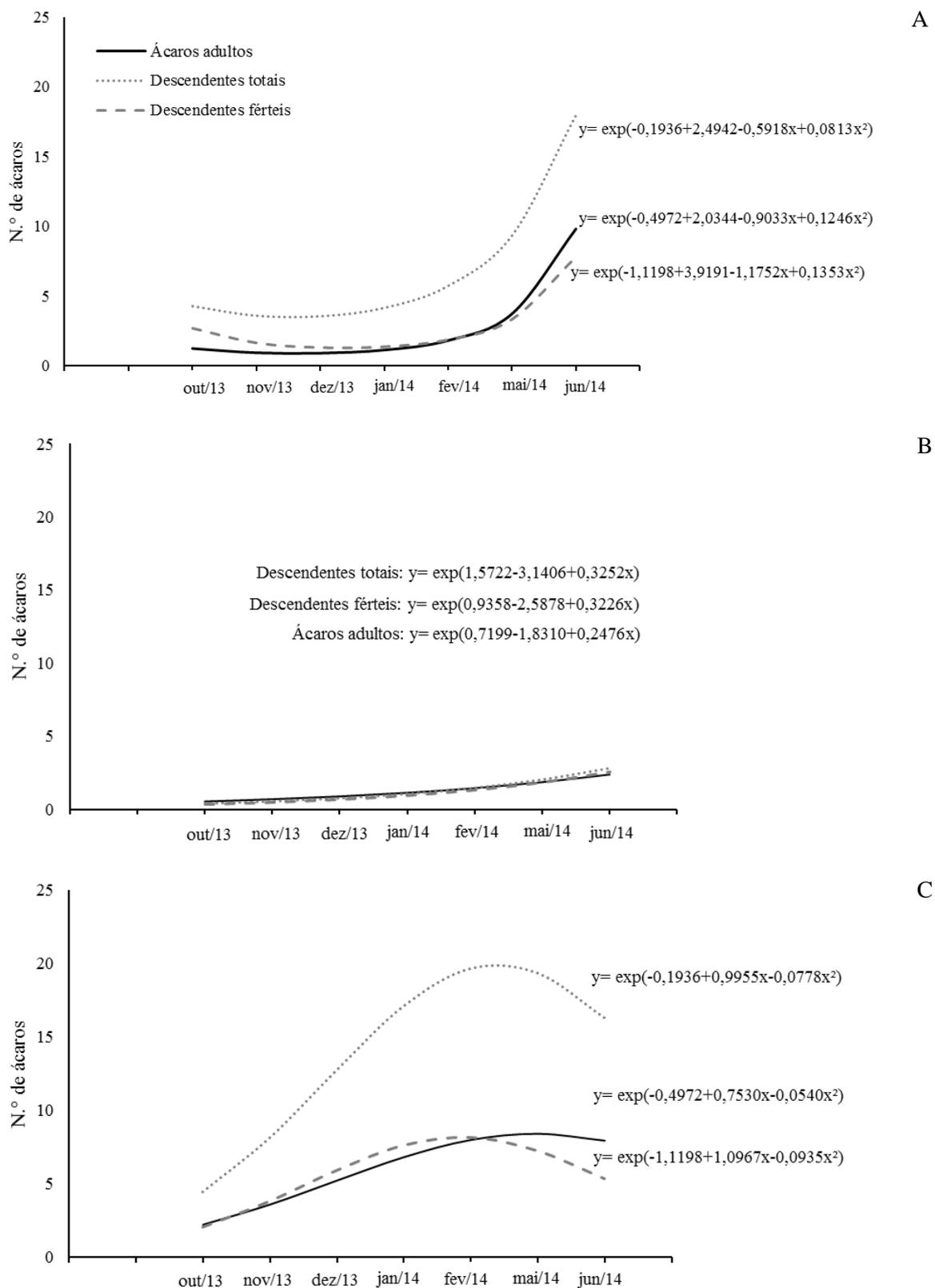


Figura 2: Número de ácaros adultos em células de operárias, número de descendentes totais e número de descendentes férteis de *V. destructor* em colônias de abelhas *A. mellifera* com rainhas de Maringá/PR (A), rainhas de Santa Terezinha/SC (B) e rainhas de Irineópolis/SC (C).

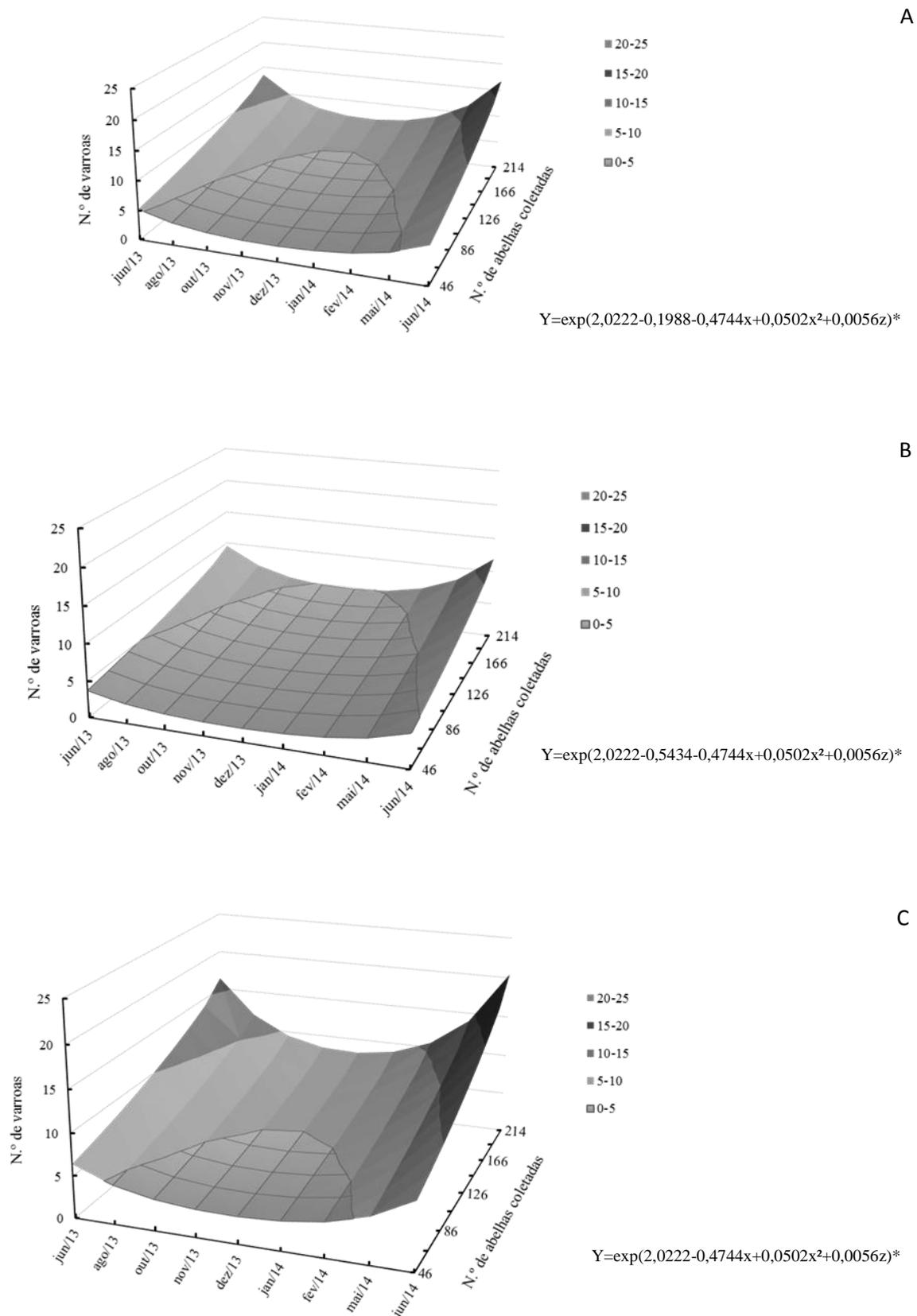


Figura 3: Infestação por *V. destructor* em colônias de abelhas *A. mellifera* com rainhas de Maringá/PR (A), rainhas de Santa Terezinha/SC (B) e rainhas de Irineópolis/SC (C). *Y= infestação por varroa em abelhas adultas; x=época de avaliação; z=número de abelhas coletadas.

De maneira geral, os níveis de infestação por varroa em abelhas adultas verificados neste trabalho foram baixos. Entretanto, verificou-se que os grupos com rainhas selecionadas, grupo procedente de Maringá, selecionado com auxílio de marcadores moleculares para a expressão da proteína MRJP e grupo procedente de Santa Terezinha, selecionado para baixa infestação por *V. destructor* e alto comportamento higiênico, apresentaram os menores índices de infestação por varroa em abelhas adultas, enquanto o grupo de Irineópolis, com rainhas não selecionadas, apresentou infestação por varroa mais elevada. Os valores verificados para os grupos de Maringá e de Santa Terezinha conferem com os índices de infestação encontrados por Strapazzon et al. (2009) e Carneiro et al. (2014), na região de Blumenau/SC, os quais permaneceram em torno de 3,0% e 4,1%, respectivamente.

Os níveis de infestação obtidos neste trabalho apresentaram redução nos meses de primavera e verão, aumentando a partir do final do verão e atingindo os mais elevados níveis nos meses de outono para os três grupos de rainhas avaliados (figura 3). Os resultados são semelhantes aos obtidos por Toledo e Nogueira-Couto (1996), que verificaram que a taxa de infestação em abelhas adultas decresceu do inverno para a primavera, reduziu no verão e voltou a subir no outono. Este comportamento possivelmente foi pela redução da população de abelhas nas colônias no período a partir do final do verão e durante outono e inverno, levando a uma maior concentração dos ácaros sobre as abelhas adultas.

Verificou-se efeito da época de avaliação sobre o peso das colônias (figura 4). Ocorreu acentuada redução do peso das colônias a partir do mês de janeiro, possivelmente pela redução de população de abelhas em função da diminuição da disponibilidade de recursos alimentares no ambiente.

A produtividade de mel foi avaliada apenas para os grupos procedentes de Santa Terezinha e de Irineópolis. O grupo de Maringá atrasou o armazenamento de mel nas melgueiras pelo uso da tela excludora de rainhas, apresentando uma quantidade insuficiente e apenas no final da safra apícola. Pela escassez de florada, a partir deste período, optou-se por não realizar a colheita do mel para não prejudicar a sobrevivência das colônias. Não houve diferença significativa na produtividade de mel entre os grupos procedentes de Santa Terezinha e de Irineópolis. A média de produção de mel foi de 16,3 kg/colônia para o grupo de Santa Terezinha e de 13,4 kg/colônia para o grupo de Irineópolis.

O limitado espaço no ninho pelo uso das telas excludoras pode ter ocasionado a enxameação das colônias com maior capacidade de postura, o que proporcionou menor população de abelhas forrageadoras no período de maior fluxo de néctar, atrasando o armazenamento para a colheita.

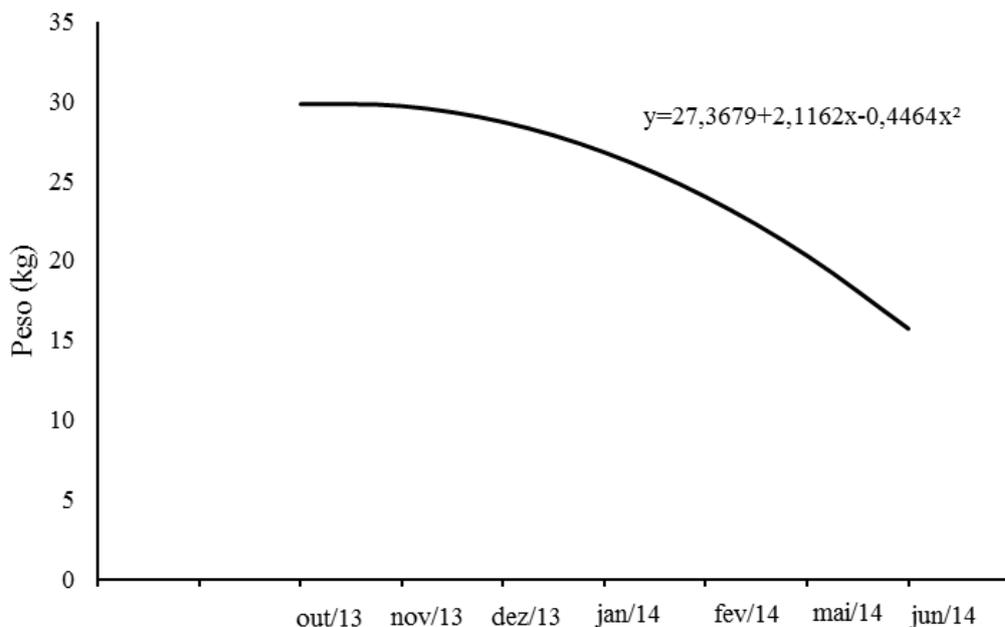


Figura 4: Peso das colônias de abelhas *A. mellifera*, independente da procedência da rainha, no período de outubro de 2013 a junho de 2014.

Os resultados corroboram com Faquinello et al. (2011) que verificaram que genótipos superiores podem se expressar de maneira diferenciada em função do sistema de produção ao qual são submetidos. Sendo assim, recomenda-se a adoção de manejo diferenciado, sem o uso da tela excludora e com a utilização de oito favos na melgueira com espaçadores. Isso pode contribuir para a maior expressão do potencial produtivo das linhagens selecionadas.

Conclusão

A substituição das rainhas da colônia por rainhas selecionadas para alto comportamento higiênico permitiu a redução das taxas de invasão e reprodução total e efetiva do ácaro *V. destructor*. A substituição por rainhas selecionadas com auxílio de marcadores moleculares permitiu a redução da reprodução efetiva do ácaro varroa.

Agradecimentos

Aos apicultores Gian Bejger e Domingos Bejger, do município de Santa Terezinha/SC, pela doação de um dos grupos de rainhas avaliadas. Ao Grupo de Pesquisas com Abelhas – GPBee, da Universidade Estadual de Maringá, pelo auxílio na produção das rainhas. Ao CNPq, processos números 479329/2009-5 e 308283/2011 e Fundação Araucária protocolo 15095 - convênio 422, pelo suporte financeiro.

Referências

BAITALA, T.V.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MANGOLIN, C.A.; MARTINS, E.N.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Potential use of major royal jelly proteins (MRJPs) as molecular markers for royal jelly production in Africanized honeybee colonies. **Apidologie**, v. 41, p.160-168, 2010.

CALDERÓN, R.A.; VAN VEEN, J.W.; SOMMEIJER, M.J.; SANCHEZ, L.A. Reproductive biology of *Varroa destructor* in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). **Experimental and Applied Acarology**, v. 50, n. 4, p. 281-297, 2010.

CALDERONE, N.W.; LIN, S.; KUENEN, L.P.S. Differential infestation of honey bee, *Apis mellifera*, worker and queen brood by the parasitic mite *Varroa destructor*. **Apidologie**, v. 33, p. 389–398, 2002.

CARNEIRO, F.E.; BARROSO, G.V.; STRAPAZZON, R.; MORETTO, G. Reproductive ability and level of infestation of the *Varroa destructor* mite in *Apis mellifera* apiaries in Blumenau, State of Santa Catarina, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 1, p. 109-112, 2014.

CARNEIRO, F.E.; TORRES, R.R.; STRAPAZZON, R.; RAMIREZ, S.A.; GUERRA JR., J.C. V.; KOLING, D.F.; MORETTO, G. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson and Trueman) in Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in Southern Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 36, n. 6, p. 949-952, 2007.

DE JONG, D.; GONÇALVES, L.S. The varroa problem in Brazil. **American Bee Journal**. v. 12, p. 186-189, 1981.

FAQUINELO, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; SEREIA, M.J.; COSTA-MAIA, F.M.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M.C.C. Parameters for royal jelly production in Africanized honeybees. **Sociobiology**, v.57, n.2, p. 1-15, 2011.

GOODE, K.; HUBER, Z.; MESCE, K.A.; SPIVAK, M. Hygienic behavior of the honey bee (*Apis mellifera*) is independent of sucrose responsiveness and foraging ontogeny. **Hormones and Behavior**, v. 49, p. 391-397, 2006.

HARBO, J.R.; HARRIS, J.W. Resistance to *Varroa destructor* (Mesostigmata: Varroidae) when mite-resistant queen honey bees (Hymenoptera: Apidae) were free-mated with unselected drones. **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p.1319–1323, 2001.

HARBO, J.R.; HARRIS, J.W. Suppressed mite reproduction explained by the behaviour of adult bees. **Journal of Apicultural Research**, v.44, n.1, p.21–23, 2005.

HARBO, J.R.; HARRIS, J.W. Responses to varroa by honey bees with different levels of varroa sensitive hygiene. **Journal of Apicultural Research and Bee World**, v. 48, n.3, p.156-161, 2009.

HARRIS, J.W. Bees with varroa sensitive hygiene preferentially remove mite-infested pupae aged five days post capping. **Journal of Apicultural Research/Bee World**, v.46, n.3, p.134-139, 2007.

JUNKES, L.; GUERRA JR., J.C.V.; MORETTO, G. *Varroa destructor* mite mortality rate according to the amount of worker broods in africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 3, p. 305-308, 2007.

LI, J.; FENG, M.; ZHANG, Z.; PAN, Y. Identification of the proteome complement of hypopharyngeal glands from two strains of honeybees (*Apis mellifera*). **Apidologie**, v. 39, p. 199–21, 2008.

MONDRAGÓN, L.; MARTIN, S.; VANDAME, R. Mortality of mite offspring: a major component of *Varroa destructor* resistance in a population of Africanized bees. **Apidologie**, v. 37, p. 67-74, 2006.

MONDRAGÓN, L.; SPIVAK, M.; VANDAME, R. A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico. **Apidologie**, v. 36, n. 3, p. 345–358, 2005.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D. The effect of climate and honeybee racial type on the reproductive ability of the mite *Varroa Jacobsoni*. **Apiacta**, v. 31, p.17-21, 1996.

PARPINELLI, R.S.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; TOLEDO, V.A.A. MRJP microsatellite markers in Africanized *Apis mellifera* colonies selected on the basis of royal jelly production. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 3, p. 6724-6733, 2014.

ROTHENBÜHLER, W.C. Behavior genetics of nest cleaning in honeybees. IV. responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoology**, v.4, n.2, p.111-123, 1964.

ROSENKRANZ, P.; AUMEIER, P.; ZIEGELMANN, B. Biology and control of *Varroa destructor*. **Journal Invertebrate Pathology**, v.103, Suppl. 1, p. S96-S119, 2010.

SAS INSTITUTE INC. **SAS System for Microsoft Windows**. OnlineDoc[®] for Windows 9.3. Cary: SAS, 2012.

STORT, A.C.; GONÇALVES, L.S.; MALASPINA, O. Study of sineacar effectiveness in controlling *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, v. 12, n. 3, p. 289-297, 1981.

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

TOLEDO, V.A.A.; NOGUEIRA-COUTO, R.H. Infestação de colônias híbridas de abelhas *Apis mellifera* pelo ácaro *Varroa jacobsoni*. **ARS Veterinaria**, v. 12, n. 1, p. 104-112, 1996.

WIELEWSKI, P.; TOLEDO, V.A.A.; MARTINS, E.N.; COSTA-MAIA, F. M.; FAQUINELLO, P.; LINO-LOURENÇO, D.A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M.C.C.; LOPES DE OLIVEIRA, C.A.; SEREIA, M.J. Relationship between hygienic behavior and *Varroa destructor* mites in colonies producing honey or royal Jelly. **Sociobiology**, v.59, n.1, p. 251-274, 2012.

WILSON-RICH, N.; SPIVAK, M.; FEFFERMAN, N.H.; STARKS, P.T. Genetic, individual, and group facilitation of disease resistance in insect societies. **Annual Review of Entomology**, v.54, p. 405–23, 2009.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições climáticas e ambientais apresentaram influência sobre as colônias de maneira diferenciada em função da origem das rainhas. Colônias formadas com rainhas mais adaptadas às condições locais beneficiaram-se quanto ao armazenamento de mel em relação às rainhas introduzidas. Desta maneira, evidencia-se a importância da intervenção do apicultor quando as condições forem desfavoráveis às colônias. A redução das restrições ambientais, tais como a disponibilidade de recursos alimentares e a adoção de práticas de manejo adequadas são determinantes para a maior expressão do potencial genético das rainhas.

A substituição de rainhas locais por rainhas selecionadas oriundas de outras regiões deverá ser realizada, preferencialmente no período de outono ou em período de baixo desenvolvimento das colônias. As rainhas introduzidas fecundadas neste período apresentaram maior probabilidade de aceitação pela colônia, bem como apresentaram maior taxa de sobrevivência da colônia ao inverno.

A suplementação alimentar foi determinante para a sobrevivência das colônias ao inverno, e aumentou a longevidade das colônias com rainhas provenientes de outras regiões.

A substituição das rainhas da colônia por rainhas selecionadas para alto comportamento higiênico permitiu a redução das taxas de invasão e reprodução total e efetiva do ácaro *V. destructor*. A substituição por rainhas selecionadas com auxílio de marcadores moleculares permitiu a redução da reprodução efetiva do ácaro varroa.