

Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais

Vagner de Alencar Arnaut de Toledo^{1*}, Carolina Antunes Neves¹, Eloi Machado Alves¹, Jussara Ricardo de Oliveira², Maria Cláudia Colla Ruvo-Takasusuki¹ e Patrícia Faquinello¹

¹Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ²Universidade Paranaense, Umuarama, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: vagner_abelha@yahoo.co.uk

RESUMO. O objetivo foi avaliar o efeito da suplementação proteica sobre a produção de geleia real em colônias de *Apis mellifera* e correlacionar esta produção com as variáveis climáticas. Os tratamentos foram: colônias que receberam uma ração elaborada com 35% de proteína; colônias que receberam suplemento proteico comercial com 35% de proteína bruta e colônias que não receberam ração proteica. Não houve diferença ($p > 0,05$) entre os tratamentos para as variáveis de produção. As médias foram: quantidade de larvas aceitas, $8,56 \pm 6,76$; porcentagem de aceitação, $29,20 \pm 22,03\%$; quantidade de geleia real produzida por colônia, $1,83 \pm 0,82$ g e quantidade produzida por cúpula, $213,58 \pm 108,36$ mg. A precipitação pluviométrica não influenciou ($p > 0,05$) a produção de geleia real. Os modelos selecionados evidenciaram que houve efeito negativo da temperatura máxima e umidade relativa mínima do ar com número de larvas aceitas. Observou-se que a porcentagem de aceitação de larvas e a produção de geleia real por colônias apresentaram correlação positiva com a umidade relativa máxima e negativa com a umidade relativa mínima. Pode-se concluir que a adição de suplemento proteico (35%) não aumentou a produção de geleia real das colônias de abelhas africanizadas e seu uso para esta finalidade foi economicamente inviável.

Palavras-chave: *Apis mellifera*, nutrição de abelhas, proteína, umidade relativa, temperatura.

ABSTRACT. Royal jelly production in Africanized honeybee colonies considering different protein supplements and the influence of environmental factors. This research was carried out to evaluate the effect of proteic supplement on royal jelly production in honeybee colonies and its correlation with environmental variables. The treatments were: colonies that had received a diet formulated with 35% crude protein, colonies that had received a commercial supplement with 35% crude protein, and colonies that did not receive protein diet. There was no difference ($p > 0.05$) among the treatments for parameters of production. The average for each variable was: amount accepted larvae, 8.56 ± 6.76 ; acceptance percentage, $29.20 \pm 22.03\%$; amount of royal jelly produced per colony, 1.83 ± 0.82 g; and amount of royal jelly produced per cup, 213.58 ± 108.36 mg. Rainfall did not affect ($p > 0.05$) royal jelly production. The selected models point to a negative correlation among larvae accepted with the maximum temperature and low relative humidity. Larvae acceptance and royal jelly production per cup had a positive correlation with the maximum relative humidity and negative correlation with the minimum relative humidity. It can be concluded that the addition of proteic supplement (35%) did not increase royal jelly production of Africanized honeybee colonies, and its use for this purpose was unprofitable.

Key words: *Apis mellifera*, honeybee nutrition, protein, relative humidity, temperature.

Introdução

A apicultura é uma atividade desenvolvida no mundo inteiro e tem destaque no Brasil, como atividade do agronegócio em desenvolvimento. Assim, atividades especializadas como a produção de geleia real têm alcançado interesse comercial em nosso país (QUEIROZ et al., 2001).

A geleia real é uma secreção cremosa, sintetizada e secretada pelas glândulas mandibulares e hipofaríngeas das abelhas nutrízes entre o quinto e o 15º dia de vida (HAYDAK, 1970; KNECHT; KAATZ, 1990; SCHMITZOVÁ et al., 1998; ALBERT et al., 1999). Este produto pode ser obtido com relativa facilidade e sua produção pode ser estendida o ano todo, sendo uma excelente opção aos apicultores, nos

períodos entre floradas e em regiões canavieiras (GARCIA et al., 2000; QUEIROZ et al., 2001; NOGUEIRA-COUTO; COUTO, 2006).

Apesar da diversidade da flora apícola na maior parte das localidades, a produção de pólen pelas colônias está sujeita a consideráveis flutuações durante o ano (KELLER et al., 2005b). As abelhas *Apis mellifera* exigem carboidratos, proteínas, ácidos graxos, minerais, vitaminas e água para crescimento, manutenção e reprodução (HERBERT Jr. et al., 1977). O pólen é o principal recurso proteico (KELLER et al., 2005a), correlacionado fortemente com o desenvolvimento glandular (PERNAL; CURRIE, 2000; KELLER et al., 2005b) e a produção de geleia real.

Assim, é necessário um substituto do pólen em períodos de escassez do pasto apícola, e carência proteica, evitando oscilação na produção de geleia real (GARCIA et al., 1989; HERBERT JR., 1997; CREMONEZ et al., 1998; SCHMICKL; CRAILSHEIM, 2001; CASTAGNINO et al., 2006; PEREIRA et al., 2006; COELHO et al., 2008). O fornecimento desses substitutos não influencia adversamente a qualidade do alimento larval produzido (HAYDAK, 1960).

A produção de geleia real também envolve interações biológicas e comportamentais, e sua variabilidade possui importantes componentes genéticos, ambientais internos e externos à colônia (JIANKE et al., 2003; XIANMIN et al., 2003; GARCIA; NOGUEIRA-COUTO, 2005). Garcia e Nogueira-Couto (2005) compararam a produção de geleia real entre abelhas africanizadas, italianas e descendentes associada a fatores ambientais. Os resultados indicaram diferenças entre o período de produção e aceitação das larvas transferidas, sendo o melhor período de produção entre fevereiro e março em Jaboticabal, Estado de São Paulo.

Outros fatores que afetam a produção de geleia real são aceitação de larvas transferidas que é dependente das condições climáticas; fluxo de néctar; número e idade das larvas transferidas; quantidade de geleia real depositada nas cúpulas e localização das cúpulas no sarrafo (ALBER, 1965; JIANKE et al., 2003).

A produção de geleia real é cara, tanto para as abelhas como para o produtor (HAYDAK, 1970), portanto, faz-se necessária a realização de pesquisas que objetivem minimizar os custos e o efeito do clima sobre o desenvolvimento e produção das colônias. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de geleia real em colônias de *Apis mellifera* africanizada com suplementação proteica e, também, a influência de fatores ambientais sobre esta produção.

Material e métodos

Este experimento foi realizado no período de novembro de 2000 a março de 2001, no setor de Apicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi que pertence à Universidade Estadual de Maringá, Estado do Paraná. Maringá é localizada na região Noroeste do Estado do Paraná, situada a 554,9m de altitude, nas seguintes coordenadas geográficas: 23°25' de latitude Sul e 52°20' de longitude Oeste. O clima predominante, segundo Iapar (2008), é classificado como subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes, com tendências de concentração de chuvas nos meses de verão e temperatura média anual de 21,9°C, com precipitação pluviométrica média anual de 1.500 mm. Soja, trigo, milho, cana-de-açúcar e sorgo respondem por mais de 90% da produção agrícola da região.

Foram avaliados três tratamentos: colônias que receberam suplemento proteico com 35% de proteína bruta (PB) utilizando-se como base suplemento inicial fornecido para frango de corte (T1); colônias que receberam suplemento proteico comercial com 35% de PB (T2) e o controle, colônias que não receberam suplementação proteica (T3). As composições percentuais, químicas e valores energéticos dos suplementos avaliados estão apresentados na Tabela 1.

O método adaptado para produção de geleia real foi o de Doolittle (1899) que consiste na transferência de larvas de alvéolos de cria de operária para cúpulas artificiais de acrílico. O sistema utilizado para produção de geleia real foi o de mini-recrias composto por dois núcleos sobrepostos separados por uma tela excludora de rainha. O núcleo inferior possuía cinco quadros e o superior quatro mais o quadro porta-cúpulas. Este continha 28 cúpulas de acrílico, sendo 14 no sarrafo superior e 14 no inferior.

As larvas destinadas à transferência para produção de geleia real foram obtidas do núcleo inferior das colônias mini-recrias avaliadas no experimento. A transferência das larvas foi realizada duas vezes por semana, totalizando 62 transferências.

Após cada transferência, as colônias receberam 500 mL de alimentação suplementar energética 50% (xarope de água e açúcar). As colônias dos tratamentos 1 e 2 receberam, também, 10 g da suplementação proteica duas vezes por semana, com consumo médio de 4 a 7 g colônia⁻¹. Este alimento foi fornecido em tampas plásticas pelo alvado das colmeias com textura seca e em pó.

A cada 10 dias foi realizado manejo de quadros nas mini-recrias, trocando-se dois caixilhos com cria operculada da parte inferior por dois caixilhos de favos vazios ou com mel do ninho superior.

Tabela 1. Composição percentual, química e valor energético do suplemento experimental formulado (a) e composição química do suplemento proteico comercial (b).

Table 1. Percentage composition, chemistry and energetic value of experimental formulated supplement (a) and calculated composition of commercial protein supplement (b).

a) Suplemento Experimental Formulado (%) a) Experimental formulated supplement (%)	
Açúcar Sugar	10,000
Calcário Limestone	1,360
Samprosoy 90 Samprosoy 90	29,960
Fosfato bicálcico Dicalcium phosphate	1,470
Farelo de trigo Wheat brain	35,720
Milho Maize	20,000
Mineral – aves Mineral – poultry	0,500
Sal Salt	0,500
Vitamina – aves Vitamin – poultry	0,500
Total Total	100,000
Composição calculada (%)* Calculated composition %*	
Proteína bruta (%) Crude protein (%)	34,90
Extrato etéreo (%) Ether extract (%)	2,10
Cálcio (%) Calcium (%)	1,00
Fósforo total (%) Total phosphorus (%)	0,81
Fosfato disponível (%) Available phosphate (%)	0,45
Sódio (%) Sodium (%)	0,22
Lisina (%) Lysine (%)	1,97
Metionina + Cistina (%) Methionine + Cystine (%)	0,99
Metionina (%) Methionine (%)	0,12
Fibra (%) Fiber (%)	3,05
Ácido linoleico (%) Linoleic acid (%)	0,74
Energia metabolizável aves (kcal kg ⁻¹) Poultry Metabolizable Energy (Kcal Kg ⁻¹)	2.400,00
b) Suplemento Proteico Comercial ¹ b) Commercial proteic supplement ¹	
Lactose (%) Lactose (%)	25,00
Proteína bruta (% Mín.) Crude protein (% Min.)	35,00
Umidade (% Máx.) Humidity (% - Max.)	6,00
Extrato etéreo (% Mín.) Ether extract (% - Min.)	1,00
Cálcio (Mín.) Calcium (Min.)	1,00
Fósforo (Mín.) phosphorus (Min.)	0,30
Sódio (Máx.) Sodium (Max.)	0,35
Lisina (%) Lysine (%)	0,81
Metionina (%) Methionine (%)	0,26
Matéria fibrosa (% Máx.) Fibrous matter (% - Max.)	1,00
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹) Poultry Metabolizable Energy (Kcal Kg ⁻¹)	3.800,00

Com base nos valores de composição química das matérias-primas das rações; ¹Nome comercial Promotor L, produto fornecido como doação por Casa Zorana - Comércio e Representações de Produtos Apícolas Ltda.

^aBased on the values of the chemical composition of materials for supplement; ¹Commercial name of product is promotor L™, provided as donation by Casa Zorana - Trade and Representations of Bee Products Ltda.

Periodicamente, foram realizadas revisões nas colônias, a fim de detectar algum fator que pudesse diminuir a produtividade, como o nascimento de rainhas virgens na parte superior, morte da rainha com o manejo de favos e/ou localização da rainha na parte superior em decorrência do manejo, para assim que fossem detectados fossem excluídos.

A coleta de geleia real foi realizada com intervalo de 66 a 72h após cada transferência e armazenada em potes plásticos no freezer a -18°C. Cada barra contendo as cúpulas com as larvas aceitas foi pesada em balança de precisão (0,001 g) depois de retiradas as larvas com somente a geleia real (antes) e sem geleia real (depois). A quantidade de geleia real produzida por colônia foi obtida pela diferença dos pesos das barras. A razão entre essa diferença e o número de cúpulas aceitas nos forneceu a quantidade de geleia real depositada por cúpula.

Para a comparação dos tratamentos foram realizadas análises de variância e, para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, 1990). Os parâmetros utilizados para análise foram: número de larvas aceitas por colônia; porcentagem de aceitação de larvas; produção de geleia real produzida por colônia; e quantidade de geleia real depositada por cúpula.

Os dados de contagem foram transformados para $\sqrt{x+\alpha}$ e os dados de porcentagem para $\arcsin \sqrt{\frac{(x+\alpha)}{100}}$ sendo $\alpha = 0,5$.

Para verificar a influência das condições climáticas sobre a produção de geleia real foi realizada uma análise de correlação parcial dos dados climáticos com os parâmetros de produção de geleia real (aceitação de larvas, produção por cúpula e produção por colônia). Foram obtidos os dados climáticos da temperatura média, máxima e mínima (°C), umidade relativa do ar máxima e mínima (%) e somatória da precipitação pluvial (mm) na Estação Meteorológica existente na Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Maringá. O estudo da relação entre as variáveis foi realizado por meio de correlação parcial e regressão múltipla (SAS, 2007).

Resultados e discussão

Os valores médios obtidos em cada variável e seus respectivos erros-padrão foram: 8,56 ± 0,54 larvas aceitas/colônia, 29,20 ± 1,75% de aceitação de larvas transferidas, 1,83 ± 0,15 g para geleia real produzida por colônia e 213,58 ± 0,09 mg para geleia real depositada por cúpula (Tabela 2). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os tratamentos.

Tabela 2. Valores de F com suas respectivas probabilidades (P), coeficientes de variação (CV%) e médias do total de larvas aceitas por colônia, aceitação de larvas transferidas (% Aceitação), total de geleia real produzida por colônia (Grmr - g) e quantidade de geleia real depositada por cúpula (Grcup - mg) em colônias de abelhas africanizadas em Maringá, Estado do Paraná, no período de novembro de 2000 a março de 2001.

Table 2. F values with their probabilities (P), coefficients of variation (CV%) and average of total accepted larvae per colony, acceptance of larvae grafted (% acceptance), total of royal jelly produced per colony (Rjc - g) and quantity of royal jelly deposited per cup (Rjcup - mg) in Africanized honeybee colonies in Maringá, Paraná State, from November 2000 to March 2001.

Fonte de Variação Variation Source	Total de larvas aceitas por colônia Total accepted larvae per colony	% Aceitação % Acceptance	Grmr (g) Rjc (g)	Grcup (mg) Rjcup (mg)
Tratamento Treatment	0,70 p=0,49	0,43 p = 0,65	1,08 p = 0,34	0,01 p = 0,99
CV% CV%	38,85	46,24	100,17	51,05
Suplemento Formulado ² Formulated Supplement ²	2,71 ± 0,14 a ^{1a} (7,95 ± 0,86)*	0,53 ± 0,03 a (28,05 ± 2,80)	1,84 ± 0,23 a	212,92 ± 13,85 a
Suplemento Comercial ³ Commercial Supplement ³	2,80 ± 0,15 a (8,44 ± 0,92)	0,53 ± 0,03 a (27,71 ± 3,00)	1,57 ± 0,25 a	212,78 ± 14,84 a
Controle ⁴ Control ⁴	2,96 ± 0,17 a (9,58 ± 1,03)	0,57 ± 0,04 a (32,72 ± 3,37)	2,12 ± 0,28 a	215,52 ± 16,63 a

¹Médias seguidas por letras iguais, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si ($p > 0,05$); ²Suplemento formulado com 35% de Proteína Bruta com base em ração para frango de corte; ³Suplemento comercial com 35% de Proteína Bruta; ⁴Controle sem suplemento proteico; *Números entre parênteses indicam as médias sem transformação e o desvio-padrão da média; Os dados do primeiro item foram transformados em $\sqrt{x + a}$, com $a=0,5$; os dados do segundo item foram transformados em $\arcsin \sqrt{(x + a)/100}$, com $a=0,5$ e os dados do terceiro e quarto itens não foram transformados.

¹Averages followed by equal letters in the same column do not differ statistically between them ($p > 0,05$); ²Formulated supplement with 35% crude protein based in diet for broilers; ³Commercial supplement with 35% crude protein; ⁴Control – without supply of protein; *Numbers in brackets indicate the averages without processing and standard deviation. **Data from the first item were transformed into $\sqrt{x + a}$, with $a = 0,5$; from the second item were transformed in $\arcsin \sqrt{(x + a)/100}$, with $a = 0,5$; and the data from the third and fourth items were not transformed.

Isto significa que estes suplementos proteicos testados, inclusive o que é comercializado no mercado não proporcionou diferenças significativas quanto à produção de geleia real. Estes suplementos foram coletados pelas operárias e estas não jogaram este alimento fora, pois era limpo e observado sempre o chão próximo à colmeia.

Levy et al. (1993) encontraram uma porcentagem de cúpulas aceitas inferior ao presente trabalho (23,98%), porém, a produção de geleia real por colônia e por cúpula foram superiores, 3,67 g e 241,75 mg, respectivamente. Estes resultados devem-se possivelmente ao sistema de recrias utilizado e o maior número de cúpulas por colônia (63 cúpulas).

Baumgratz et al. (2002), comparando dois métodos de produção de geleia real, o Starter e o Doolittle, verificaram porcentagens de aceitação das larvas da ordem de 63% para o primeiro e 50% para o segundo, valores estes superiores aos 29,20% observados nesse trabalho. Valores de porcentagem de aceitação (de 35,36 a 56,62%) maiores do que os observados neste trabalho também foram verificados por Silva et al. (1996), quando compararam cúpulas de diferentes materiais e cores para produção de geleia real.

Baumgratz et al. (2002) observaram produções por cúpula de 268 e 269 mg, respectivamente, para os métodos Starter e Doolittle, quantidade superior à observada no presente trabalho. Por sua vez, Silva et al. (1996) obtiveram valores de 164 a 209,7 mg, quando compararam cúpulas de diferentes materiais e cores.

Queiroz et al. (2001) trabalharam com abelhas africanizadas na região do semiárido de Pernambuco

e 20 cúpulas por colônia, obtiveram uma porcentagem de aceitação superior, 43,40%, e quantidade de geleia real depositada por cúpula inferior que foi de 119,92 mg.

A produção de geleia real por colônia teve uma correlação positiva com o número de cúpulas aceitas ($r = 0,95$), fato anteriormente já verificado por Levy et al. (1993), mas a quantidade de geleia real por cúpula foi inversa ao número de cúpulas aceitas. Quando a aceitação total de cúpulas é pequena pode ocorrer aumento na produção de geleia real total da colônia pelo aumento na quantidade de geleia depositada por cúpula (JIANKE, 2000).

Mattila e Otis (2006) avaliaram o desenvolvimento de colônias utilizando pólen ou um substituto comercial do pólen com 20% de proteína. As colônias suplementadas produziram quantidade maior de mel ao final do ano comparada com as colônias não-suplementadas. Couto e Nogueira-Couto (1988) também obtiveram produção de mel superior em colônias alimentadas com 30 e 40% de proteína. A suplementação das colônias tem alto custo, porém, é importante que os apicultores considerem o estresse nutricional que acompanham colônias manejadas comercialmente, como é o caso da produção de geleia real (MATTILA; OTIS, 2006).

Van der Steen (2007) obteve maior longevidade das abelhas alimentadas com suplemento de pólen e concluiu que o substituto do pólen manteve o nível de proteína na colônia constante, enquanto nas colônias que não receberam a suplementação, esse recurso estava disponível de forma flutuante.

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos com intuito de se obter um suplemento que garanta uma boa produção de geleia real. Garcia et al. (1989) avaliaram o efeito do fornecimento de farelo de trigo na produção de geleia real e no desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas. Não foram observadas diferenças estatísticas na porcentagem de aceitação e na produção de geleia real por colônia para o tratamento-controle (54,3% e 1,81 g colônia⁻¹, respectivamente) e suplementado (62,7% e 2,59 g colônia⁻¹, respectivamente).

Trabalhos recentes têm sido realizados com outras subespécies de *Apis mellifera* considerando a produção de geleia real. Muli et al. (2005), utilizando colônias de *Apis mellifera scutellata* e *Apis mellifera monticola*, com 30 cúpulas, tiveram uma porcentagem de aceitação de 56,30 e 57,60%, respectivamente. A produção foi de 6,90 e 7,30 g colônia⁻¹ e 408 e 422 mg cúpula⁻¹, respectivamente. A produção de geleia real entre as duas subespécies avaliadas não foi diferente significativamente.

Sahinler et al. (2005), trabalhando com colônias de *Apis mellifera caucasica*, e 15 cúpulas, obtiveram para os tratamentos sem e com suplementação uma produção de 210 e 250 g cúpula⁻¹ e 25,0 e 32,1 g de geleia real colônia⁻¹, respectivamente. Concluindo assim que a suplementação melhorou a produção de geleia real.

Mouro e Toledo (2004), estudando a produção de geleia real em abelhas africanizadas e cárnicas, observaram que as africanizadas, quando selecionadas para a produção de geleia real, mostraram-se mais eficientes, tendo recomendado um trabalho de melhoramento pela grande variabilidade genética encontrada nas colônias alojadas em ninhos naturais de abelhas africanizadas. Nesta pesquisa foi obtida alta variabilidade nos parâmetros analisados reforçando o que estes autores relataram.

Toledo e Mouro (2005) trabalharam, também, com abelhas africanizadas e verificaram que a produção de geleia real por colônia passou de 1,07 para 2,23 g da primeira para a segunda geração. Além do incremento produtivo de 109,19%, obtiveram também uma maior uniformidade de produção.

A aceitação de larvas obtida neste experimento foi entre 17 a 47% menor do que as observadas por Mouro e Toledo (2004). Essas diferenças podem ser explicadas por eventuais falhas no manejo ou pelo fato de Mouro e Toledo (2004) terem trabalhado com colônias selecionadas.

As correlações entre os parâmetros relacionados à produção de geleia real e as variáveis climáticas estão apresentadas na Tabela 3. A maior dificuldade na discussão deste item é que não existem artigos científicos correlacionando alterações que ocorrem na produção de geleia real em colônia de abelhas africanizadas com as variáveis ambientais. É importante salientar que na Tabela 3, a correlação existente só é válida considerando-se duas variáveis de cada vez, uma dependente (variável analisada na colônia de abelhas) e outra independente (climática).

No período de execução do experimento, os valores médios para precipitação pluviométrica, temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa do ar máxima e umidade relativa do ar mínima foram 185 mm, 30,6°C, 20,1°C, 85,9% e 47,8%, respectivamente.

A precipitação pluviométrica não demonstrou efeito ($p > 0,05$) sobre os parâmetros analisados, o que discorda dos resultados encontrados por Mouro e Toledo (2004). A explicação poderia ser baseada no fato de que as atividades forrageiras das abelhas diminuem no período de chuva, o que influencia a produção de geleia real, mas neste trabalho isso pode não ter ocorrido pelas colônias permanecerem suplementadas com dietas energéticas e proteicas.

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson (r^2) com sua respectiva probabilidade (P) para temperatura máxima (T.máx - °C), temperatura mínima (T.mín - °C), umidade relativa do ar máxima (U.máx - %), umidade mínima (U.mín - %), somatório da precipitação pluvial (precipitação - mm), aceitação total de larvas transferidas, porcentagem de aceitação (% Aceitação), geleia real por mini-recria (Grmr - g), geleia real por cúpula (Grcup - mg) em colônias de abelhas africanizadas em Maringá, Estado do Paraná, no período de novembro de 2000 a março de 2001.

Table 3: Pearson correlation coefficient (r^2) with respective probability (P) for maximum temperature (Max.T. - °C), minimum temperature (Min.T. - °C), maximum relative humidity (Max.H. - %), minimum relative humidity (Min.H. - %), sum of precipitation (precipitation - mm), total acceptance of grafted larvae, percentage of acceptance (Acceptance - %), royal jelly per colony (Rjc - g), royal jelly per cup (Rjcup - mg) in Africanized honeybee colonies in Maringá, Paraná State from November 2000 to March 2001.

Variáveis Variables	T.máx Max.T.	T.mín Min.T.	U.máx Max.H.	U.mín Min.H.	Precipitação Precipitation
Aceitação Acceptance	$r^2 = -0,0197$ P = 0,6124	$r^2 = -0,0371$ P = 0,3406	$r^2 = -0,0299$ P = 0,4422	$r^2 = -0,1212$ P = 0,0018	$r^2 = -0,0497$ P = 0,2015
% Aceitação Acceptance %	$r^2 = -0,1637$ P = 0,6742	$r^2 = -0,8889$ P = 0,0222	$r^2 = -0,0178$ P = 0,6486	$r^2 = -0,1734$ P = 0,0001	$r^2 = -0,0365$ P = 0,3490
Grmr	$r^2 = -0,0061$ P = 0,8759	$r^2 = 0,2012$ P = 0,6053	$r^2 = 0,0110$ P = 0,7792	$r^2 = -0,0806$ P = 0,0381	$r^2 = -0,1494$ P = 0,7013
Grcup	$r^2 = -0,0217$ P = 0,5781	$r^2 = -0,1243$ P = 0,0014	$r^2 = 0,0330$ P = 0,4067	$r^2 = -0,0104$ P = 0,7898	$r^2 = -0,0202$ P = 0,6039

A temperatura externa máxima e umidade relativa máxima e mínima do ar também não demonstraram efeito significativo ($p > 0,05$). Todavia, pode-se observar que a temperatura externa mínima correlacionou negativamente com a variável porcentagem de aceitação de larvas ($p = 0,0222$). Brandeburgo e Gonçalves (1989) verificaram que as variáveis ambientais podem restringir ou incrementar o desenvolvimento das colônias e a produção de mel.

Na Tabela 4, são apresentadas as equações de predição com os modelos selecionados para as abelhas africanizadas. De uma forma geral, tem-se correlação negativa entre número de larvas aceitas com temperatura máxima e umidade relativa mínima do ar.

Tabela 4. Análise de regressão múltipla pelo método *Step Wise*, valor de F, probabilidade e R^2 com os modelos selecionados de aceitação do total larvas transferidas (Aceitação), porcentagem de aceitação (% Aceitação), geleia real por mini-recrã (Grmr - g) e geleia real por cúpula (Grcup - mg) para variáveis ambientais na produção de geleia real em abelhas africanizadas em Maringá, Estado do Paraná, no período de novembro de 2000 a março de 2001.

Table 4. Multiple regression analysis by 'Step Wise' method, F value, probability and R^2 with selected models from acceptance of grafted larvae (Acceptance), percentage of acceptance (Acceptance %), royal jelly per colony (Rjc - g) and royal jelly per cup (Rjcup - mg) for environmental variables in royal jelly production of Africanized honeybee colonies in Maringá, Paraná State, from November 2000 to March 2001.

Modelo final selecionado Final selected model	Valor de F F value	Probabilidade Probability	R^2
Aceitação = $19,525 - 0,218 \text{ T.máx} - 0,0009 \text{ U.mín}$ Acceptance = $19.525 - 0.218 \text{ Max.T.} - 0.0009 \text{ Min.H.}$	7,14	0,0009	0,0182
% Aceitação = $24,678 + 0,330 \text{ U.máx} - 0,468 \text{ U.mín}$ Acceptance % = $24.678 + 0.330 \text{ Max.H.} - 0.468 \text{ Min.H.}$	15,17	0,0001	0,0411
Grmr = $1,311 + 0,018 \text{ U.máx} - 0,011 \text{ U.mín}$ Rjc = $1.311 + 0.018 \text{ Max.H.} - 0.011 \text{ Min.H.}$	4,29	0,0141	0,0099
Grcup = $0,071 + 0,007 \text{ T.mín}$ Rjcup = $0.071 + 0.007 \text{ Min.T.}$	10,35	0,0014	0,0140

*T.máx = Temperatura máxima (°C), T.mín = Temperatura mínima (°C), U.máx = Umidade relativa do ar máxima (%), U.mín = Umidade relativa do ar mínima (%).
*Max.T. = maximum temperature (°C), Min.T. = minimum temperature (°C), Max.H. = Maximum relative humidity (%), Min.H. = Minimum relative humidity (%)

Observou-se que a porcentagem de aceitação de larvas e a produção de geleia real por colônia tiveram influência positiva da umidade relativa máxima e negativa da umidade relativa mínima. Jianke et al. (2003) relataram que esta umidade relativa afeta a disponibilidade dos nutrientes contidos no néctar e que, em clima seco, ficam em menor concentração no néctar.

Tais dados concordam parcialmente com Mouro e Toledo (2004), que encontraram influência positiva da temperatura máxima e umidade relativa sobre a produção de geleia real. Entretanto, segundo Costa et al. (2007) as abelhas diminuem sua população com temperaturas externas baixas (inverno) e também com excesso de umidade relativa do ar (verão). Estes autores trabalharam na

mesma região em que esta pesquisa foi realizada. Durante esta pesquisa, o valor médio de umidade relativa do ar máxima foi de 85%, portanto, este fator provavelmente afetou negativamente a produção de geleia real com o uso de suplementação alimentar nas colônias.

Os fatores que envolvem a regulação na produção de geleia real são aparentemente complexos e dependentes de fatores ambientais. Assim, devem ser considerados tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade (BRANDEBURGO; GONÇALVES, 1989).

Os resultados obtidos sugerem que nas condições ambientais em que o experimento foi conduzido o fornecimento de suplementação proteica para *Apis mellifera* com a finalidade de produzir geleia real foi economicamente inviável.

Conclusão

O fornecimento de suplemento proteico (35%) não aumentou a quantidade de geleia real produzida por colônia.

As variáveis climáticas influenciaram a produção de geleia real. Os modelos selecionados evidenciaram que houve efeito negativo da temperatura máxima e umidade relativa mínima do ar com larvas aceitas. A aceitação de larvas e a produção de geleia real por colônia foram correlacionadas positivamente com a umidade relativa máxima e negativamente com a umidade relativa mínima.

Referências

- ALBER, M. A. A study of queen-rearing methods. **Bee World**, v. 46, n. 1, p. 25-31, 1965.
- ALBERT, S.; BHATTACHARYA, D.; KLAUDINY, J.; SCHMITZOVÁ, J.; SIMÚTH, J. The family of major royal jelly proteins and its evolution. **Journal of Molecular Evolution**, v. 49, n. 2, p. 290-297, 1999.
- BAUMGRATZ, L. L.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. Efeito do método 'Starter' e da origem das larvas de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L., 1758) em mini-recrãs para produção de geleia real. **Boletim de Indústria Animal**, v. 59, n. 1, p. 71-77, 2002.
- BRANDEBURGO, M. M. M.; GONÇALVES, L. S. A influência de fatores ambientais no desenvolvimento de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49, n. 4, p. 1035-1038, 1989.
- CASTAGNINO, G. L.; ARBOITTE, M. Z.; LENGIER, S.; GARCIA, G. G.; MENEZES, L. F. G. Desenvolvimento de núcleos de *Apis mellifera* alimentados com suplemento aminoácido vitamínico, Promotor L. **Ciência Rural**, v. 36, n. 2, p. 685-688, 2006.
- COELHO, M. S.; SILVA, J. H.; OLIVEIRA, J. H. V.; OLIVIERA, E. R. A.; ARAÚJO, J. A.; LIMA, M. R.

- Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2008.
- COSTA, F. M.; MIRANDA, S. B.; TOLEDO, V. A. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; CHIARI, W. C.; HASHIMOTO, J. 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.
- COUTO, L. A.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Estudo do fornecimento de ração proteica em colmeias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsoni*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 119-122, 1988.
- CREMONEZ, T. M.; DE JONG, D.; BITONDI, M. M. G. Quantification of hemolymph proteins as a fast method for testing protein diets for honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, n. 6, p. 1284-1289, 1998.
- DOOLITTLE, G. M. Mr. G. M. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v. 39, n. 28, p. 435-436, 1899.
- GARCIA, R. C.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; MALERBO, D. T. Efeitos do fornecimento de farelo de trigo sobre o desenvolvimento da glândula hipofaríngea e produção de geleia real em colmeias de *Apis mellifera*. **Ciência Zootécnica**, v. 4, n. 1, p. 6-8, 1989.
- GARCIA, R. C.; MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Cúpulas comerciais para produção de geleia real e rainhas em colmeias de abelhas *Apis mellifera*. **Scientia Agrícola**, v. 57, n. 2, p. 367-370, 2000.
- GARCIA, R. H. C.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Produção de geleia real por abelhas *Apis mellifera* italianas, africanizadas e descendentes de seus cruzamentos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 1, p. 17-22, 2005.
- HAYDAK, M. H. Vitamin content of royal jelly from honey bee colonies fed normal diet and from those fed pollen substitutes. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 53, n. 5, p. 695, 1960.
- HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15, p. 143-156, 1970.
- HERBERT JR., E. W. Honey bee nutrition. In: GRAHAM, J. M. (Ed.). **The hive and the honey bee**. 3. ed. Hamilton: Dadant and Sons, 1997. cap. 6, p. 197-233.
- HERBERT JR., E. W.; SHIMANUKI, H.; CARON, D. Optimum protein levels required by honey bees (Hymenoptera, Apidae) to initiate and maintain brood rearing. **Apidologie**, v. 2, n. 8, p. 141-146, 1977.
- IAPAR-Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná**. Disponível em: <http://www.iapar.br> Acesso em: 21 out. 2008.
- JIANKE, L. Technology for royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 140, n. 6, p. 469-472, 2000.
- JIANKE, L.; SHENGLU, C.; BOXIONG, Z.; SONGRUN, S. Optimizing royal jelly production. Good queens are a must! **American Bee Journal**, v. 143, n. 3, p. 221-223, 2003.
- 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 honey bees: Part II. **Bee World**, v. 86, n. 2, p. 27-34, 2005b.
- KNECHT, D.; KAATZ, H. H. Patterns of larval food production by hypopharyngeal glands in adult worker honey bees. **Apidologie**, v. 21, n. 5, p. 457-468, 1990.
- LEVY, P. S.; SILVA, R. M. B.; PARANHOS, B. A. J.; MORETI, A. C. C. C. Influência do tempo entre a transferência das larvas e a colheita sobre a produção de geleia real de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). **Boletim de Indústria Animal**, v. 50, n. 2, p. 113-117, 1993.
- 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.
- 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.
- MULI, E. M.; RAINA, S. K.; MUEKE, J. M. Royal jelly production in East Africa: performance potential of the honey bees, *Apis mellifera scutellata* and *Apis mellifera monticola* in Kenya. **Journal of Apicultural Research**, v. 44, n. 4, p. 137-140, 2005.
- NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. 3. ed. Jaboticabal: Funep, 2006.
- PEREIRA, F. M.; FREITAS, B. M.; VIEIRA NETO, J. M.; LOPES, M. T. R.; BARBOSA, A. L.; CAMARGO, R. C. R. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos proteicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2006.
- PERNAL, S. F.; CURRIE, R. W. Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v. 31, n. 3, p. 387-409, 2000.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 12. ed. Piracicaba: Nobel, 1990.
- QUEIROZ, M. L.; BARBOSA, S. B. P.; AZEVEDO, M. Produção de geleia real e desenvolvimento de abelhas *Apis mellifera*, na região semi-árida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 2, p. 449-453, 2001.
- SAHINLER, N.; GUL, A.; SAHIN, A. Vitamin E supplement in honey bee colonies to increase cell acceptance rate and royal jelly production. **Journal of Apicultural Research**, v. 44, n. 2, p. 58-60, 2005.
- SCHMICKL, T.; CRAILSHEIM, K. Cannibalism and early capping strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 187, p. 541-547, 2001.
- SAS-Statistical Analysis System. **SAS user's guide version 8**. 13th ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2007.
- SCHMITZOVÁ, J.; KLAUDINY, J.; ALBERT, S.; SCHRÖDER, W.; HANES, J.; SCHRECKENGOST, W.; JÚDOVÁ, J.; SIMÚTH, J. A family of major royal jelly proteins of the honeybee *Apis mellifera* L. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 54, n. 9, p. 1020-1030, 1998.

SILVA, E. C. A.; SILVA, R. M. B.; MORETI, A. C. C. C.; ALVES, M. L. T. M. F. Cúpulas de diferentes materiais e cores para produção de geleia real usando abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). **Boletim de Indústria Animal**, v. 53, n. 1, p. 127-130, 1996.

TOLEDO, V. A. A.; MOURO, G. F. Produção de geleia real com abelhas africanizadas selecionadas e cárnicas 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.

XIANMIN, L.; JIANKE, L.; CANGQIANG, C. Factors affecting royal jelly production. **American Bee Journal**, v. 143, n. 12, p. 969-972, 2003.

Received on April 8, 2009.

Accepted on October 21, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.