



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
MESTRADO EM CIÊNCIA ANIMAL

RICARDO GONÇALVES SANTOS

LONGEVIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS RAINHAS AFRICANIZADAS (*Apis mellifera* L.) EM COLMEIAS SOB CONDIÇÕES DE SOL E SOMBRA NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

MOSSORÓ

2015

RICARDO GONÇALVES SANTOS

LONGEVIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS RAINHAS AFRICANIZADAS (*Apis mellifera* L.) EM COLMEIAS SOB CONDIÇÕES DE SOL E SOMBRA NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Sanidade e Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves

Co-orientador: Prof. Dr. Dejair Message

MOSORÓ
2015

Catalogação na Fonte
Catalogação de Publicação na Fonte. UFERSA - BIBLIOTECA CENTRAL ORLANDO TEIXEIRA - CAMPUS MOSSORÓ

Santos, Ricardo Gonçalves.

Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas *Apis mellifera* L. em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro / Ricardo Gonçalves Santos. - Mossoró, 2015.
106f: il.

1. *Apis mellifera* L. 2. Abelhas rainhas - Produção. 3. Semiárido do Nordeste brasileiro. I. Título

RN/UFERSA/BCOT/377

CDD 638.1 S237I

RICARDO GONÇALVES SANTOS

LONGEVIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS RAINHAS AFRICANIZADAS (*Apis mellifera* L.) EM COLMEIAS SOB CONDIÇÕES DE SOL E SOMBRA NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

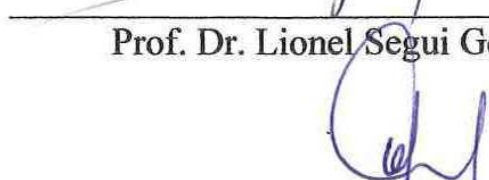
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), como exigência final para obtenção do título de Mestre no curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Aprovação em 27 de fevereiro de 2015.

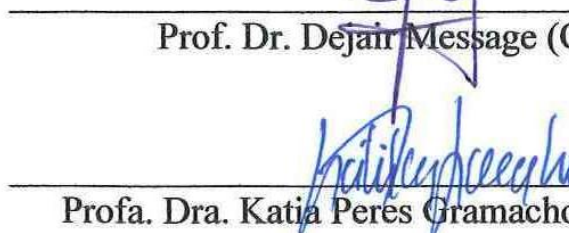
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves (Orientador)



Prof. Dr. Dejar Message (Coorientador)



Profa. Dra. Katia Peres Gramacho (Membro externo)

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RICARDO GONÇALVES SANTOS – Ingressou em agosto de 2008 no curso de Ciências Biológicas (Bacharelado) na Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), concluindo em dezembro de 2012. Foi bolsista de trabalho do Departamento de Ciências Biológicas (DECB) da Faculdade de Ciências Exatas e Naturais (FANAT) da UERN, no período de outubro de 2009 à agosto de 2010. Em seguida, atuou como bolsista de iniciação Científica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) até o final da graduação (2012.2). Em fevereiro de 2013 ingressou no mestrado do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Deste 2013 até o presente, também atua como pesquisador membro do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS), estudando principalmente a biologia de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera* L.).

AGRADECIMENTOS

Ao meu grande orientador, Prof. Dr. Lionel Segui Gonçalves, por ter me dado a oportunidade fantástica de trabalhar com as abelhas sob sua orientação e pelos fortes ensinamentos, dedicação e paciência comigo, que certamente contribuíram muito para o meu desempenho na pós-graduação. Também por ser uma pessoa de seriedade e profissionalismo admirável, ao qual tenho como exemplo a seguir.

À minha esposa Aline Kelly de Aquino Lima Cipriano, mulher que eu amo e me fortalece em meus objetivos, estando sempre a me apoiar e a compartilhar comigo os momentos agradáveis e difíceis, mas sempre de bom ânimo e com sensatez.

Aos meus pais, José Leuso Gonçalves de Matos e Maria de Lourdes dos Santos Gonçalves, bem como aos meus sogros, Ivo Cipriano Maniçoba e Itacira Nunes de Aquino Lima Cipriano, pelo apoio, incentivo e orações.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Dejair Message, pela amizade, ensinamentos e valiosas sugestões e preceitos que foram extremamente válidos para a execução deste trabalho.

Aos pilares que dão suporte a maior parte das pesquisas com *Apis mellifera* realizadas no Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS), o Sr. Antônio Flávio da Silva, meu “companheiro de trabalho de todas as horas” que me auxiliou na maioria das coletas de dados, e a Srt^a Nira Lopes de Lima, à quem devo gratidão pelas primeiras experiências com manejo de abelhas, fundamentais para meu aprendizado prático em apicultura.

Aos meus queridos amigos pela cooperação na realização deste trabalho, Hérica Tertulino, Daiana Sombra e Victor Hugo. Também aos demais amigos integrantes do Laboratório de Apicultura da UFERSA, pela troca de experiências e convivência harmoniosa, Joselena Mendonça, Franklin Amaro, Renata Valéria, Jefferson Bruno, Dayson Castilhos e Telma Sousa.

Ao coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Prof. Dr. Jean Berg Alves da Silva, pela competência e agilidade em ajudar nos processos burocráticos de minha rotina acadêmica na UFERSA. Também por ter cedido uma balança de precisão, essencial para realização de parte deste trabalho.



À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de Pós-Graduação, permitindo minha dedicação em tempo integral à esta pesquisa.

A toda minha família e amigos.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação e na execução deste trabalho.

De forma mais especial, a DEUS, por me dar forças, coragem, perseverança e determinação para seguir em frente.



É Preciso Saber Viver

Roberto Carlos

Quem espera que a vida
Seja feita de ilusão
Pode até ficar maluco
Ou morrer na solidão
É preciso ter cuidado
Pra mais tarde não sofrer
É preciso saber viver

Toda pedra do caminho
Você deve retirar
Numa flor que tem espinhos
Você pode se arranhar
Se o bem e o mal existem
Você pode escolher
É preciso saber viver

É preciso saber viver!
É preciso saber viver!
É preciso saber viver!
Saber viver!

[Bis da 2ª e 3ª estrofe]



“Dê-me uma boa rainha e eu lhe conseguirei uma farta colheita de mel, se as flores não falharem na secreção de néctar”.

Gilbert M. Doolittle
(1846 -1918)



LONGEVIDADE E PRODUÇÃO DE ABELHAS RAINHAS AFRICANIZADAS (*Apis mellifera* L.) EM COLMEIAS SOB CONDIÇÕES DE SOL E SOMBRA NO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

SANTOS, Ricardo Gonçalves. **Longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido do Nordeste brasileiro.** 2015. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal: Sanidade e Produção animal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, Brasil.

RESUMO: A abelha rainha (*Apis mellifera* L.) tem importância crucial no desenvolvimento de uma colônia, porém sua produção, ciclo de vida e desempenho podem ser afetados pelos fatores ambientais, de modo que suas características variam dependendo das condições edafoclimáticas dos locais onde habitam. No entanto, supõe-se que métodos de manejo adequados podem amenizar os efeitos negativos causados por condições ambientais adversas. Diante disso, este trabalho propôs avaliar a influência de diferentes condições ambientais no semiárido nordestino (colônias de abelhas instaladas no sol e na sombra) no processo de produção de rainhas africanizadas de *Apis mellifera*, bem como no desempenho e longevidade destas rainhas nesse ambiente. Ao todo foram utilizadas 20 colmeias modelo Langstroth nas condições experimentais citadas. Para a produção de rainhas, foram utilizadas 10 colônias órfãs (5 no sol e 5 na sombra) e foram avaliados o percentual de aceitação de larvas, o desenvolvimento ontogenético e a taxa de sucesso das transferências de larvas (emergência) nestas duas condições. Para avaliação da longevidade, rainhas irmãs e com a mesma idade foram introduzidas em colmeias constituídas de um ninho modelo Langstroth contendo colônias de aproximadamente 30.000 abelhas, instaladas diretamente sob o sol e na sombra, sendo 5 colmeias em cada condição experimental. As rainhas em acompanhamento também tiveram o desenvolvimento de suas colônias registrado por meio de revisões *in loco* a cada 15 dias, realizando estimativas através de mapeamento da área ocupada nos quadros com postura, cria, pólen e mel, isso até as rainhas morrerem. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente mediante a comparação das médias pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. Os resultados mostraram que a aceitação de larvas em colmeias na sombra ($68,82 \pm 17,03\%$) foi significativamente maior do que a aceitação em colmeias no sol ($52,13 \pm 16,29\%$). O ganho de peso das rainhas também foi melhor quando estas se desenvolveram em área sombreada, sendo que a diferença estatística foi detectada a partir do 9º dia do desenvolvimento ontogenético, quando os indivíduos estavam no final do estágio larval. Após esta fase o peso dos indivíduos de ambos os grupos começou a cair (até a emergência das rainhas), mas as rainhas da sombra emergiram em média, 31 mg mais pesadas do que rainhas oriundas de colmeias no sol. Contudo, a taxa de emergência na estufa de rainhas criadas no sol (86,48%) e na sombra (92,07%), não diferiu significativamente. Algumas rainhas ainda permaneceram reprodutivamente ativas após o tempo de coleta de dados e os resultados parciais até então sobre a longevidade mostraram média superior nas rainhas da sombra, porém, não apresentaram diferença estatística. Foi observado vida útil das rainhas de 215 ± 29 dias em colmeias sob condições de sombreamento e $183 \pm 46,2$ dias das rainhas em colmeias expostas ao sol, podendo essa diferença ser aumentada, uma vez que ainda sobrevivem duas rainhas mantidas na sombra e uma no sol. Consideramos que a amostragem nesse estudo de longevidade sofreu muita interferência das condições inóspitas do semiárido (altas temperaturas, falta de chuvas e escassez de alimento), devendo ser obtidos novos dados para uma conclusão mais precisa. O desenvolvimento das colônias também foi influenciado positivamente pela condição de sombreamento, sendo que a área de cria foi a principal variável favorecida. Conclui-se que a instalação de colmeias sob área sombreada ameniza as condições hostis do Semiárido da Caatinga, proporcionando melhor desempenho das colônias e rainhas, além de maior eficiência no processo de criação racional das rainhas de abelhas africanizadas de *Apis mellifera*.

Palavras-Chave: *Apis mellifera*, produção de rainhas, longevidade, condições ambientais.

LONGEVITY AND PRODUCTION OF QUEEN BEES AFRICANIZED (*Apis mellifera* L.) IN HIVES UNDER CONDITIONS OF SUN AND SHADE IN THE SEMIARID OF NORTHEASTERN BRAZIL

SANTOS, Ricardo Gonçalves. **Longevity and production of queen bees Africanized (*Apis mellifera* L.) in hives under conditions of sun and shade in the Semiarid of Northeastern Brazil**. 2015. 106p. Thesis (Master's degree in Animal Science: Animal Production and Reproduction) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2015.

ABSTRAT: The queen bee (*Apis mellifera* L.) is of critical importance in the development of a colony, but its production, life cycle and performance over lifespan can be affected by environmental factors, so that the characteristics of these vary depending on soil and weather conditions of the local that they inhabit. However, it is assumed that appropriate management methods can mitigate the negative effects caused by adverse environmental conditions. Thus, this study aimed to evaluate the influence of different conditions (bee colonies installed in sun and shade) in the production process of Africanized queens *Apis mellifera*, as well as in the performance and longevity of these queens in semiarid environment. 20 hives of Langstroth model were used in the experimental conditions cited. For the production of queens, were used 10 orphaned colonies (5 in the sun and 5 in the shade), and were evaluated the percentage of accepted larvae, the ontogenetic development and the emergency success rate of queens created in both conditions. To evaluate the longevity, sister queens of the same age were introduced in hives Langstroth installed with about 30.000 workers directly under the sun and in the shade, with 5 hives in each experimental condition. The monitored queens had the development of their colonies recorded *in loco* every 15 days, making estimates through mapping of the occupied area with eggs, brood, pollen and honey in the combs, until the queens died. Data were statistically analyzed by comparing the means by T-Student test at 5% probability. The results showed that the percentage of accepted larvae in colonies in the shade ($68.82 \pm 17.03\%$) was significantly greater than the percentage of accepted larvae in colonies in the sun ($52.13 \pm 16.29\%$). The weight gain of the queens was also higher when they were developed in shaded area, and the differences were detected from the ninth day of ontogenetic development, when individuals were at the end of the larval stage. After this phase, the weight of the individuals in both groups began to drop (until emergence of cell cups), but the queens of the shadow emerged on average 31 mg heavier than the queens of colonies installed in the sun. However, the emergence rate of the queens maintained in the sun (86.48%) and shadow (92.07%) was not statistically significant at 5% level. Some queens remain reproductively active and no significant difference was shown between partial results of the longevity, however, a longer life in the queens of hives under shade conditions (215 ± 29.4 days) was observed compared with queens of hives exposed to the sun (183 ± 46.2 days). As far as three queens (2 in the shade and 1 in the sun) of both groups are still alive the difference between the groups can be increased. However, due the harsh conditions of the semiarid Caatinga (light, temperatures, drought and poor food conditions) the queen's longevity was seriously affected and new studies should be done for better conclusion. The development of the colonies was also positively influenced by shading condition, and the brood area was the main favored variable. It is concluded that the installation of hives in shaded area softens the harsh conditions of the Semiarid Caatinga, providing better performance of the colonies and queens, as well as greater efficiency in the scientific creation process of the *Apis mellifera* queens.

Keywords: *Apis mellifera*, queen production, longevity, environmental conditions.

LISTA DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Fatores biológicos envolvidos no desenvolvimento de colônias de <i>Apis mellifera</i> .	24
Figura 2	Esquema do mecanismo haplodiploide e diferenciação de castas em <i>Apis mellifera</i> .	28
Figura 3	Esquema ilustrativo que simplifica as consequências da exposição de colmeias em condições de exposição ao sol e sob área sombreada.	37
Figura 4	Local de trabalho. A) Entrada da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, onde se localizam as instalações do CETAPIS (Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte); B) Colmeias expostas às condições experimentais, no sol e sob área sombreada no semiárido.	42
Figura 5	Processo de transferência de larvas de abelhas africanizadas. A) Colônia matriz para ceder larvas recém-eclodidas; B) Quadro de cria com larvas jovens; C) Cúpulas de acrílico banhadas com cera de abelha. Em cada cúpula é colocada uma larva sob uma gota de geleia real diluída em água; D) Quadro porta-cúpulas sendo inserido em uma colmeia modelo Langstroth com colônia previamente orfanada.	43
Figura 6	Colmeias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) usadas para estudos de aceitação de larvas em colônias sob condições de sol e sombra em ambiente semiárido da Caatinga.	44
Figura 7	Remoção de uma rainha africanizada (<i>Apis mellifera</i>) em desenvolvimento dentro de uma realeira para obtenção do peso corporal.	45
Figura 8	Acondicionamento de realeiras de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) com o opérculo voltado para baixo na boca dos frascos de vidro de 15 ml para controle individual da emergência das rainhas em estufa.	46
Figura 9	Abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) descartadas após emergência e pesagem.	47
Figura 10	Manejo de rainhas. A) Marcação de rainhas africanizadas na parte superior do tórax com tinta atóxica. B) Introdução de uma rainha africanizada presa individualmente em gaiola de arame contendo em uma das extremidades, um orifício com pasta <i>candi</i> . Após as abelhas e a rainha se alimentarem do <i>candi</i> , a passagem fica livre para a saída da rainha.	49
Figura 11	Manejo de contenção de rainha africanizada em gaiola no fundo da colmeia Langstroth após remoção dos quadros para avaliação.	50
Figura 12	Mapeamento de quadro Langstroth colocado dentro do dispositivo de madeira dividido com fios de arame em 36 quadrantes idênticos, para se determinar o percentual de área ocupada com mel, pólen, ovos, cria aberta e operculada.	51

Figura 13	Alimentação energética (500 ml de água com mel 3:1) oferecida para abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em alimentador externo improvisado modelo tipo bordmann, feito de cano de PVC e garrafa de plástico politereftalato de etileno (PET).	51
Figura 14	Estação Meteorológica do CETAPIS instalada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada na comunidade Alagoinha, Zona Rural de Mossoró-RN.	52
Figura 15	Percentual de aceitação de larvas de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colmeias instaladas em condições de sol e sombra. Os valores são estatisticamente significantes pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.	55
Figura 16	Médias do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colônias sob condições de sol e sombra. A partir do 9º dia os valores são estatisticamente significantes entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.	58
Figura 17	Desenvolvimento ontogenético de abelhas rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>), de ovo até a emergência.	61
Figura 18	Rainhas <i>Apis mellifera</i> emergidas em estufa (criadas em colmeias no sol e na sombra). As médias não diferem estatisticamente entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.	61
Figura 19	Médias do percentual de área ocupada com mel em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.	65
Figura 20	Médias do percentual de área ocupada com pólen em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.	66
Figura 21	Médias do percentual de área ocupada com cria aberta em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.	67
Figura 22	Médias do percentual de área ocupada com cria operculada em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.	68
Figura 23	Médias do percentual de área ocupada com ovos em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.	69

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1	Aceitação de larvas de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) nas colmeias instaladas em condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.	56
Tabela 2	Média, mínimo, máximo e desvio padrão do peso (mg) de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em diferentes estágios do desenvolvimento em colônias submetidas à exposição ao sol e sob condições de sombreamento no Semiárido da Caatinga.	57
Tabela 3	Número de indivíduos observados em cada estágio do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colônias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.	59
Tabela 4	Porcentagem de indivíduos em cada estágio do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) em colônias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.	60
Tabela 5	Emergência em estufa de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) criadas em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.	62
Tabela 6	Longevidade e causas do desaparecimento de rainhas africanizadas em colônias sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga.	63
Tabela 7	Porcentagem de área ocupada com mel, pólen, cria aberta, cria operculada e postura de ovos em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga.	64
Tabela 8	Comparação entre os meses (colunas) e entre tratamento sol e sombra (linhas) quanto ao percentual de área ocupada com mel, pólen, cria aberta, cria operculada e postura de ovos em colônias de abelhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) no semiárido da Caatinga.	70
Apêndice		
Tabela I	Valor mínimo, máximo e médio da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento obtidas em cada mês do período de maio/2014 a janeiro de 2015 na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Zona Rural de Mossoró-RN.	104
Tabela II	Total do acumulado de chuva (mm) no período de janeiro a dezembro de 2015 em Mossoró-RN.	104
Tabela III	Peso de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) durante o desenvolvimento ontogenético em colônias expostas ao sol.	105
Tabela IV	Peso de rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) durante o desenvolvimento ontogenético em colônias sob condições de sombreamento.	106

LISTA DE QUADROS

		Página
Quadro 1	Resumo do cronograma de produção, fecundação e introdução das rainhas africanizadas (<i>Apis mellifera</i>) para avaliação da longevidade em colmeias expostas à condições de sol e sombreamento no Semiárido da Caatinga.	48

SUMÁRIO

	Página
INTRODUÇÃO	
1 INTRODUÇÃO	17
REVISÃO DE LITERATURA	
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 Importância da rainha no desenvolvimento da colônia	23
2.2 Ciclo evolutivo	25
2.3 Haplodiploidia e determinação de castas	26
2.4 Aspectos reprodutivos da rainha	29
2.5 Longevidade	29
2.6 Influências ambientais	32
2.7 Termorregulação	33
2.8 Comportamento enxameatório	35
2.9 Manejo de sombreamento	36
OBJETIVOS	
3 OBJETIVOS	40
3.1 Objetivo Geral	40
3.2 Objetivos Específicos	40
MATERIAL E MÉTODOS	
4 MATERIAL E MÉTODOS	42
4.1 Local de trabalho	42
4.2 Experimento para avaliação da taxa de aceitação de larvas	43
4.3 Avaliação do desenvolvimento ontogenético	44
4.4 Avaliação do percentual de emergência das rainhas	47
4.5 Avaliação da longevidade das rainhas e monitoramento das colônias	47
4.6 Dados climatológicos	52
4.7 Delineamento experimental e análises estatísticas	53
RESULTADOS	
5 RESULTADOS	55
5.1 Taxa de aceitação das larvas transferidas	55
5.2 Desenvolvimento ontogenético	56
5.3 Percentual de emergência	61
5.4 Longevidade das rainhas	62

5.5 Desenvolvimento das colônias	64
--	----

DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO	72
-------------------	----

6.1 Taxa de aceitação das larvas transferidas	72
---	----

6.2 Desenvolvimento ontogenético	73
--	----

6.3 Percentual de emergência	77
------------------------------------	----

6.4 Longevidade das rainhas	78
-----------------------------------	----

6.5 Desenvolvimento das colônias	80
--	----

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

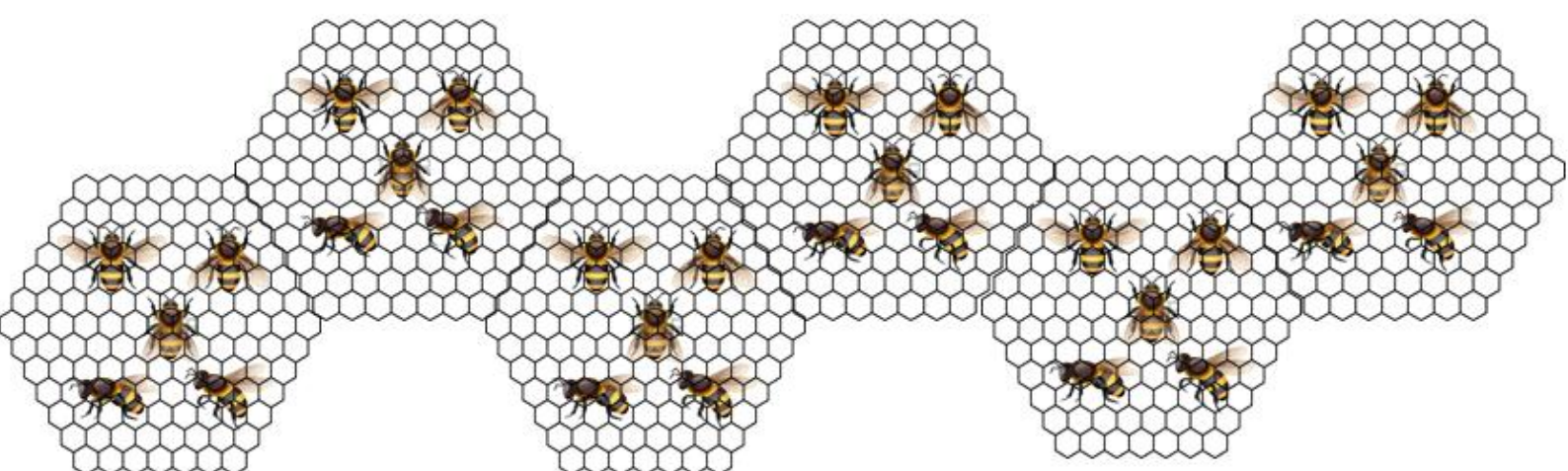
7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
---	----

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
------------------------------------	----

APÊNDICE

9 APÊNDICE	104
------------------	-----



INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

As abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) são o resultado de intercruzamentos entre a abelha africana, *Apis mellifera scutellata*, com várias subespécies europeias (*A. mellifera ligustica*, *A. mellifera mellifera*, *A. mellifera carnica* e *A. mellifera caucasica*), um polí-híbrido, cuja predominância é de características das abelhas africanas. Em virtude da sua alta adaptabilidade reprodutiva e condições ambientais propícias, as abelhas africanizadas espalharam-se por quase todo o continente americano (WINSTON, 1992; GONÇALVES, 2006b; KAPLAN, 2007).

Essas abelhas exibem características importantes como rusticidade, alta capacidade de produção, rápida adaptação e desenvolvimento, resistência a doenças e prolificidade, além disso, são polinizadores eficientes e apresentam maior habilidade na identificação de fontes de alimento (BENSON, 1985; WINSTON, 1992). As abelhas africanizadas têm sido consideradas um excelente material para ser trabalhado visando à seleção e ao melhoramento de características como mel, própolis, pólen, geleia real, entre outras (GONÇALVES & KERR, 1970; KERR & VENCOVSKY, 1982; GRAMACHO, 2004).

Apesar do potencial produtivo dessas abelhas, no início de sua dispersão houve um grande impacto na atividade apícola do Brasil, uma vez que os apicultores não sabiam como lidar com sua extrema defensividade, acentuado comportamento de pilhagem e alta tendência enxameatória. A carência de informações sobre o manejo dessas abelhas ocasionou a redução de apiários e até o abandono da atividade por muitos apicultores. Muitos estudos sobre a biologia, comportamento e melhoramento foram necessários para contornar o problema. A apicultura nacional teve que passar por mudanças radicais e o apicultor, aos poucos, se adaptou a esse “novo” material biológico (GONÇALVES, 1974; DE JONG, 1996; GONÇALVES, 2006b)

De acordo com Gonçalves *et al.* (2010), a apicultura com abelhas africanizadas encontra-se em amplo processo de desenvolvimento no Brasil, principalmente no Nordeste brasileiro, que vem se tornando uma importante região produtora de mel e participando com significância das exportações brasileiras, especialmente quando se refere ao mel orgânico. Ainda segundo os mesmos autores, este crescimento da apicultura brasileira é consequência das boas características das abelhas africanizadas, como alta capacidade de adaptação,

resistência a doenças e produtividade, como também do avanço das pesquisas e de conhecimentos técnicos que colaboraram consideravelmente no domínio do manejo dessas abelhas.

As colônias de abelhas *A. mellifera* são compostas por operárias, zangões e uma rainha. A abelha rainha tem importância crucial, pois é a genitora dos integrantes da sociedade, sendo a única fêmea cuja reprodução é constantemente ativa, e ainda, é a responsável pela manutenção da harmonia dos trabalhos da colônia, os quais são determinados por meio da liberação de feromônios (BIENEFELD & PIRCHNER, 1990; SLESSOR *et al.*, 2005). Assim, o desempenho da rainha é decisivo no desenvolvimento e crescimento da colônia, sendo que, quando a colônia perde a sua rainha ou quando a que está presente é velha ou ainda se a colônia se prepara para enxamear, há uma produção de novas rainhas (WINSTON, 1987; SCHNEIDER *et al.*, 2001; CARGEL & RINDERER, 2004; GILLEY & TARP, 2005).

O sucesso da apicultura está diretamente relacionado ao desenvolvimento e a produtividade das colônias de abelhas, características que dependem, entre outras coisas, da idade e da performance de suas rainhas. Devido ao baixo desempenho da rainha quando esta envelhece, a sua substituição periódica pelo apicultor torna-se muito importante para assegurar a manutenção de uma colônia produtiva. Segundo Gonçalves e Kerr (1970), a vida média das rainhas africanizadas em condições tropicais brasileiras é em torno de oito meses, o que significa que as rainhas das colônias podem ser substituídas naturalmente antes de um ano. Assim, muitos apicultores já estão conscientes da necessidade de realizar a troca das rainhas pelo menos uma vez ao ano, porém, esta prática ainda vem sendo pouco exercida no Brasil, principalmente no Nordeste Brasileiro, onde os apicultores apontam dificuldades em produzirem ou mesmo adquirirem as rainhas.

Na natureza o processo de substituição da rainha é realizado pelas próprias abelhas, no entanto, uma abelha rainha descendente da rainha da mesma colônia poderá portar genes que determinam características próximas às características de sua mãe. Porém, o fenótipo de suas filhas vai depender dos zangões que a fecundaram. A substituição natural também é bastante demorada, por isso, os processos de produção e troca das rainhas devem ser, se possível, controlados pelo apicultor, que poderá introduzir uma nova rainha selecionada ou de boas características quanto a sua origem.

Quando o apicultor conduz a troca das rainhas, introduzindo material geneticamente superior, ele estará eliminando as características indesejáveis e perpetuando as desejáveis

(GRAMACHO, 2004), o que proporcionará um ganho muito maior. Além disso, com a substituição periódica, o apicultor também pode exercer o controle da enxameação, uma vez que rainhas jovens produzem maior quantidade de feromônio e assim mantêm a colônia coesa, inibindo a produção de novas rainhas (BUTLER & FAIREY, 1964; WINSTON, 1980; PANKIW, 2004). Segundo Vilela e Pereira (2002), a falta de manejo de rainhas é um dos principais fatores que dificultam os avanços tecnológicos da cadeia produtiva de mel nos diversos estados que compõem a região Nordeste.

Embora tenha havido avanços e uma crescente difusão das técnicas de manejo apícola, muitos apicultores ainda vêm se frustrando com a baixa produtividade de suas colônias, sobretudo no início da floração vegetal. Isso ocorre porque nas primeiras chuvas, a colônia que geralmente está com uma rainha no final da vida útil, investe a energia dos primeiros recursos florais na reprodução. Assim, logo no começo da florada a colônia realiza a enxameação reprodutiva, levando mais tempo para que o enxame possa investir na estocagem de alimento.

Como exemplo de prejuízo pela falta de manejo adequado de rainhas nas colônias, pode-se destacar o seguinte fato bastante recorrente com a produção de muitos apicultores do Nordeste. No Semiárido da Caatinga brasileira, duas plantas do gênero *Croton* (marmeleiro - *C. blanchetianus* e velame - *C. heliotropiifolius*), estão entre aquelas que apresentam as primeiras floradas e, apesar de seu néctar originar um mel bastante claro, saboroso e altamente procurado no mercado, poucos apicultores têm o privilégio de produzir este mel, uma vez que, após o começo da floração, os apicultores estão com os exames muito fracos e geralmente com as rainhas velhas, de modo que as colônias investem os recursos do início da florada no desenvolvimento populacional e enxameação reprodutiva, já que a reprodução é prioridade para o enxame. Quando este inicia a estocagem de mel, a florada de velame e marmeleiro já tem terminado e, dessa forma, o apicultor não explora o potencial de toda a floração.

Para que as colônias possam refletir maior rentabilidade econômica, muito tem que se programar na apicultura, principalmente quando se trata do manejo de substituição periódica de rainhas, o qual deve ser feito não só por rainhas novas, mas também por material selecionado, aumentando assim a qualidade genética das colônias e uniformidade de produção do apiário. Duay (1996) mostrou que quando o apicultor substitui suas rainhas velhas apenas por rainhas novas, o aumento na produção é de 21%, e quando a substituição é feita por

rainhas novas e também selecionadas, o aumento alcança 47%. Este trabalho mostra como o manejo correto é importante para obtenção de melhor produção em apiários comerciais.

O processo de produção artificial da rainha africanizada (*A. mellifera*), bem como seu ciclo evolutivo e longevidade já foram bastante estudados, mas por se tratar de um organismo que apresenta além de alta variabilidade genética, uma capacidade elevada de plasticidade fenotípica de acordo com as condições ambientais, torna-se, portanto, necessário conhecer a biologia desta abelha em nossa região.

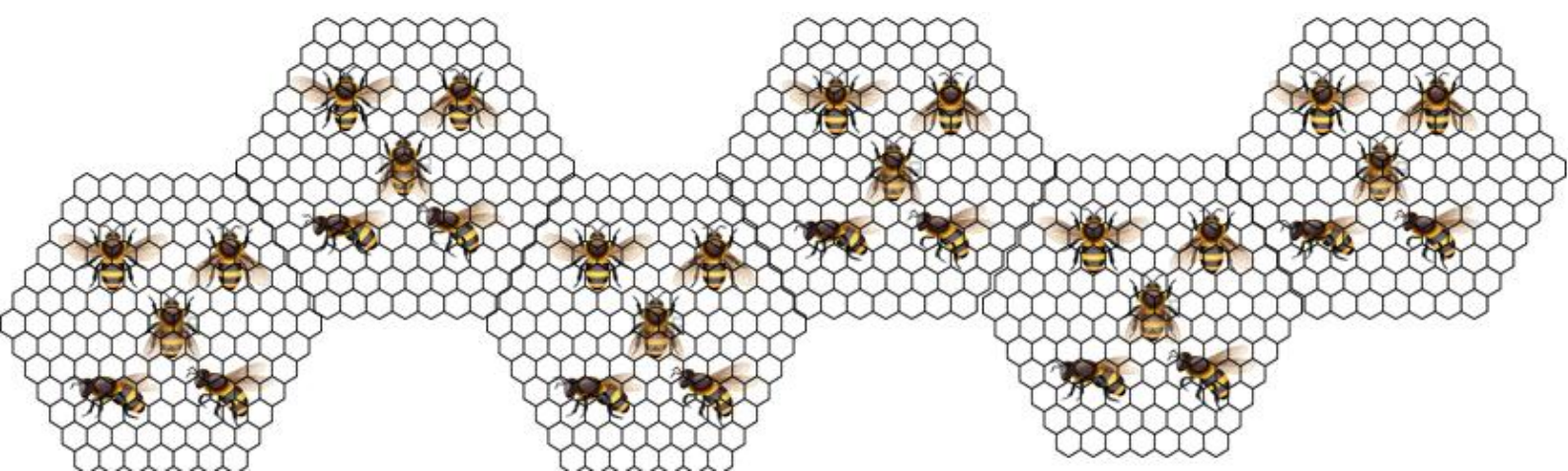
O desenvolvimento do enxame, bem como o desempenho de seus indivíduos são diretamente influenciados por fatores ambientais, pois dependendo das condições edafoclimáticas de um determinado local, os organismos podem sofrer alterações fisiológicas ou comportamentais (SAKAGAMI & FUKUDA, 1968; WEAVER, 1979; SEVERSON & ERICKSON, 1989; SILVA, 1993; GARCIA & NOGUEIRA-COUTO, 2005; ALMEIDA, 2008; BRIGHENTI *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2010). Segundo Gramacho (2004) os fatores externos sempre devem ser considerados, pois, a expressão das qualidades e dos defeitos das rainhas é consideravelmente afetada pelo ambiente, inclusive o do interior da colmeia.

Devido às condições climáticas adversas (períodos longos de seca, altas temperaturas e intensa insolação) da região Nordeste do Brasil, em especial do Semiárido da Caatinga, o comportamento e fisiologia das colônias são claramente influenciados, provocando um desvio energético dos organismos e afetando a produção. Porém, o uso de métodos adequados de manejo pode interferir positivamente no desempenho das colônias e, conseqüentemente, proporcionar maior rendimento na apicultura.

A utilização de coberturas vegetais sobre as colmeias podem oferecer vantagens ao progresso e expansão das colônias por amenizar as condições severas do ambiente, como a alta intensidade de insolação, podendo ser uma alternativa viável para contornar os prejuízos causados pelas condições ambientais críticas do Semiárido brasileiro (SOMBRA, 2013).

Neste sentido, tendo em vista a necessidade de medidas que evitem ou amenizem as perdas resultantes das condições ambientais desfavoráveis e do manejo inadequado, almejando principalmente a produção de grandes quantidades de produtos apícolas e, conseqüentemente, aprimorando a economia local, é que se buscam conhecimentos úteis que possam ser utilizados na prática por apicultores do Rio Grande do Norte e do Nordeste, contribuindo com informações de fundamental interesse para o sucesso nos programas de

produção de rainhas e de melhoramento genético de abelhas. Desta forma, torna-se possível uma melhor exploração do potencial econômico de *A. mellifera* africanizada no Nordeste brasileiro, fortalecendo cada vez mais a apicultura como uma importante fonte de renda para as famílias da região semiárida.



REVISÃO DE LITERATURA

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da rainha no desenvolvimento da colônia

A rainha de *Apis mellifera* possui posição de destaque na colônia, sendo a principal chave a ser trabalhada para a obtenção de sucesso na produção de apiários comerciais. Sua importância deve-se a diversos fatores. O principal deles é que a rainha é a única fêmea fértil da colmeia, mãe de todos os indivíduos da colônia. Devido ao mecanismo conhecido como sistema haplodiploide (subitem 2.3), a rainha é responsável por metade da informação genética que é repassada para suas filhas e por todo o genoma que é herdado pelos zangões (LAIDLAW & ECKERT, 1962; HAMILTON, 1964; LAIDLAW & PAGE, 1984). Dessa forma, as características expressas pela colônia, como a produção de mel, pólen, própolis, geleia real, comportamento higiênico entre outras, têm sua origem, dependente em grande parte da rainha. Isso significa que, dentro dos limites da herdabilidade, cada característica da colônia é conduzida por meio dos óvulos produzidos pela rainha e sêmen dos zangões que a fecundaram.

Rainhas que apresentam bom desempenho reprodutivo, ou seja, que realizam a oviposição com alta qualidade e quantidade, terão como consequência, colônias populosas. Uma boa postura também serve de estímulo para o comportamento de forrageamento dos adultos, uma vez que a cria aberta exala substâncias químicas responsáveis pela excitação de abelhas campeiras para irem ao trabalho (LE CONTE *et al.*, 1995; PANKIW, 1998, 2004). O desenvolvimento de uma colônia ocorre dependentemente de vários fatores interligados entre si, onde a rainha é um dos principais estímulos para que o desenvolvimento da colônia ocorra (Figura 1).

A rainha também é responsável pela liberação de feromônios, compostos que formam uma mistura responsável pela comunicação e diversos efeitos comportamentais e fisiológicos das abelhas. Tais compostos são produtos das glândulas mandibulares e, por isso, a mistura é chamada de feromônio da glândula mandibular da rainha, ou simplesmente, substância da rainha. Os dois componentes essenciais desta mistura são o ácido 9-ceto (E)-2-decenóico e o ácido 9-hidroxi (E)-2-decenóico, mais conhecido como 9-ODA e 9-HDA, respectivamente (SLESSOR *et al.*, 2005).

Quando os feromônios são secretados pelas glândulas mandibulares da rainha, são posteriormente liberados no ar e sobre a superfície do seu corpo. Este é removido por abelhas

operárias que entram em contato direto com a rainha através de seus aparelhos bucais e antenas, especialmente as abelhas nutrizas, durante o cortejo, alimentação e limpeza. Outras abelhas adquirem o feromônio por meio de abelhas operárias que tiveram o contato com a rainha (SLESSOR *et al.*, 2005). O comportamento de *grooming* também resulta na dispersão do feromônio da rainha na colônia (NAUMANN, 1991), assim como as "pegadas" na cera dos favos deixadas pelas rainhas ou operárias com o feromônio aderido nas patas (TRHLIN & RAJCHARD, 2011).

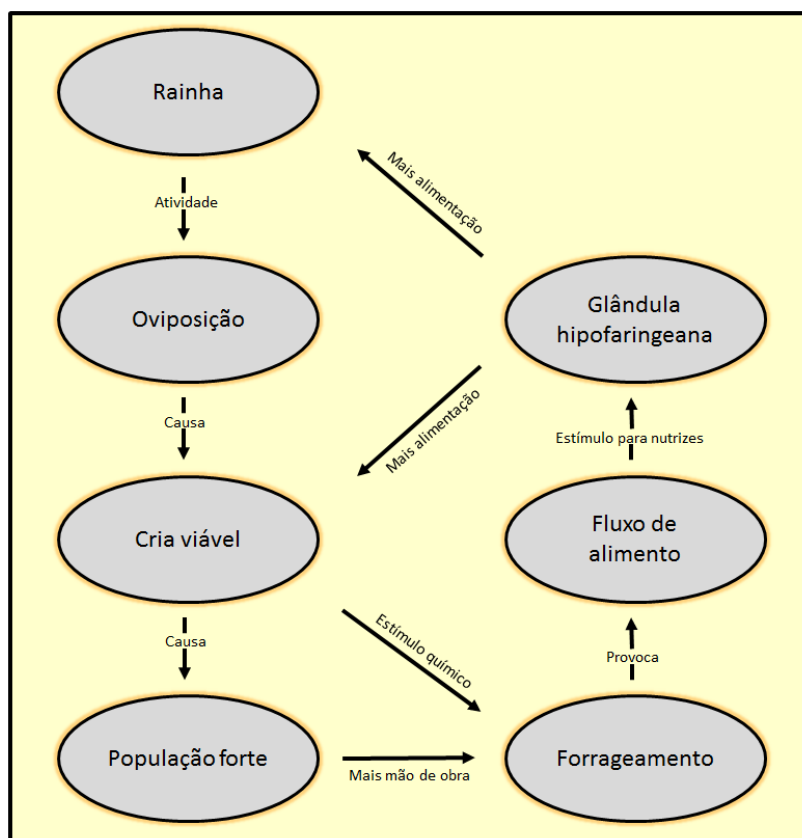


Figura 1. Fatores biológicos envolvidos no desenvolvimento de colônias de *Apis mellifera*.

Na vida das abelhas, o feromônio da rainha desempenha diversas funções como coesão das abelhas e manutenção da unidade do enxame durante os processos de enxameação (BUTLER & FAIREY, 1964; BUTLER & SIMPSON, 1967; FERGUSON *et al.*, 1979; FREE *et al.*, 1981; ALMEIDA, 2008), inibição do sistema reprodutivo das operárias (SLESSOR *et al.*, 2005; WANNER *et al.*, 2007; TRAYNOR *et al.*, 2014), controle da enxameação reprodutiva e da produção de novas rainhas (WINSTON, 1980; PANKIW, 2004), estimulação das glândulas hipofaríngeas das abelhas nutrizas (TRAYNOR *et al.*, 2014), composto atrativo para zangões durante a cópula em voo nupcial (BROCKMANN *et al.*, 2006), além de servir para o reconhecimento social (GILLEY *et al.*, 2006).

Segundo Bienefeld & Pirchner (1990), através da produção de feromônios e pela qualidade e quantidade de ovos produzidos, a rainha de *A. mellifera* fornece um impacto ambiental às suas filhas operárias, o qual pode ser medido apenas por meio de sua progênie. Há diferenças no potencial reprodutivo de rainhas *A. mellifera* e, portanto, o “impacto da rainha”, representado pela habilidade desta em botar ovos em quantidade suficiente e produzir feromônios, é segundo Bienefeld *et al.* (2007), determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais.

Vários estudos têm demonstrado que o potencial reprodutivo está associado a características fenotípicas como o tamanho da rainha, número de ovariíolos, diâmetro da espermateca, contagem de espermatozóides, viabilidade espermática, entre outras. Por exemplo, tem sido mostrado que o tamanho do corpo da rainha está associado diretamente com a frequência de acasalamento (DELANEY *et al.*, 2010; TARPY *et al.*, 2011), bem como outros aspectos do potencial reprodutivo, incluindo a capacidade de armazenamento do esperma (WOYKE, 1971; TARPY *et al.*, 2011), número de ovariíolos (ECKERT, 1934; JACKSON *et al.*, 2011) e peso dos ovários (DEDEJ *et al.*, 1998; HATCH *et al.*, 1999; GILLEY *et al.*, 2003).

Considerando que o potencial reprodutivo de rainhas *A. mellifera* está diretamente ligado a muitos aspectos do fenótipo reprodutivo das mesmas, pode-se argumentar que rainhas de melhor fenótipo, terão maior desempenho em suas atividades e, portanto, suas colônias apresentarão maior crescimento populacional, alta produtividade e maior sobrevivência (RANGEL *et al.*, 2013).

2.2 Ciclo evolutivo

As abelhas *Apis mellifera* têm um desenvolvimento holometábolo, ou seja, passam por metamorfose completa (ovo / larva / pré-pupa / pupa / adulto) até se tornarem adulto, sendo que, a duração de cada uma dessas fases é diferenciada para cada casta de indivíduos. Esse período é definido como desenvolvimento ontogenético ou ciclo evolutivo (SILVA, 1993; NUNES-SILVA *et al.*, 2006; RAMOS & CARVALHO, 2007).

Cada uma destas fases apresenta características peculiares. O ovo é cilíndrico, de cor branca e, quando recém colocado, fica em posição vertical no fundo do alvéolo. Três dias após a postura, o ovo posicionado no fundo do alvéolo se transforma em larva, que tem cor branca, formato vermiforme, com corpo recurvado em forma de "C" (RAMOS &

CARVALHO, 2007). No final da fase larval, em torno do nono dia, a célula é fechada ou operculada e a larva muda de posição, ficando reta e imóvel. Nessa fase, ela não se alimenta mais, tece seu casulo e a seguir, se transforma em pupa. Na fase de pupa já podem ser distinguidos a cabeça, o tórax e o abdômen, visualizando-se olhos, pernas, asas, antenas e partes bucais. Os olhos e o corpo passam por mudanças de coloração até a emergência da abelha adulta, por volta do 15º dia (SILVA, 1993; NUNES-SILVA *et al.*, 2006; RAMOS & CARVALHO, 2007).

Este período de desenvolvimento das rainhas varia entre subespécies, sendo relatado na literatura, por exemplo, 14 dias para as africanas (HEPBURN & RADLOFF, 1998), 15 dias para as africanizadas (NUNES-SILVA *et al.*, 2006; RAMOS & CARVALHO, 2007) e 16 dias para as rainhas europeias (WINSTON, 1987; PAGE & PENG, 2001). No entanto, dependendo das condições ambientais e do local de estudo, este tempo pode sofrer mais alterações. Nunes-Silva *et al.* (2006), durante um estudo de 2 anos, encontraram diferenças nos estágios de desenvolvimento de rainhas africanizadas e propuseram que o resultado das variações podem ter sido devido as variáveis climáticas. Estes autores encontraram o ciclo de vida de rainhas africanizadas em torno de 15 a 16 dias, e afirmaram que este período de desenvolvimento ontogenético é menor que das subespécies europeias e maior do que das africanas.

Fletcher (1978) relatou uma duração deste ciclo para rainhas de raça africana (*Apis mellifera adansonii*) na África, de 14 a 15 dias. Silva (1993) encontrou em Pindamonhangaba-SP, para abelhas africanizadas, o período de ovo a adulto de 15 a 17 dias, sendo que a emergência das rainhas foi bem mais frequente aos 15 dias, mas a duração do desenvolvimento apresentou variação ao longo do ano.

2.3 Haplodiploidia e determinação de castas

O sistema haplodiploide foi proposto por Hamilton (1964). Este autor descobriu que este mecanismo é praticado pelos himenópteros (formigas, abelhas e vespas) e consiste no fato de que os ovos fertilizados dão origem a indivíduos diplóides (fêmeas) e os ovos não fertilizados originam indivíduos haploides (machos). O desenvolvimento de um embrião a partir de um ovo não fertilizado (óvulo) é chamado de partenogênese (Figura 2).

Devido a existência de machos haploides e ao hábito de acasalamento múltiplo (poliandria) da rainha do gênero *Apis*, há na colônia a formação de subfamílias que juntas

correspondem a uma superfamília. O número de zangões que fecundaram a rainha determina a quantidade de subfamílias na colônia (GONÇALVES & STORT, 1978). Além disso, o parentesco entre as operárias pode variar de 0,25 a 0,75. Ou seja, o mecanismo haplodiploide proporciona a existência de irmãs relacionadas por um quarto dos genes, metade dos genes e até irmãs altamente relacionadas (por três quartos dos genes), sendo superior ao compartilhamento dos genes de mãe e filha (metade) (CROW & ROBERTS, 1950; POLHEMUS *et al.*, 1950; HAMILTON, 1964; LAIDLAW & PAGE, 1984).

Quanto a determinação de castas, há um mecanismo básico que é regulado pela quantidade e pela qualidade do alimento cedido às larvas. Toda larva fêmea com menos de três dias de idade pode se desenvolver em operária, ou rainha, dependendo da alimentação fornecida pelas abelhas nutrizas. Esta diferenciação em rainha, ou operária, depende dos níveis de hormônio juvenil durante o período de desenvolvimento larval. A produção deste hormônio está relacionada com a quantidade e com a composição do alimento disponibilizado para as larvas (WINSTON, 1987; TANAKA & HARTFELDER, 2004; RAMOS & CARVALHO, 2007).

O alimento responsável por esta determinação é chamado de geleia real, uma substância cremosa, produto da secreção do sistema glandular cefálico das abelhas nutrizas, indivíduos entre o 5-15º dia de vida. É durante esta fase das abelhas que as glândulas hipofaríngeas e mandibulares possuem completo desenvolvimento e são responsáveis pela produção da geleia real, sendo que as glândulas hipofaríngeas produzem uma secreção de coloração clara e rica em proteínas, enquanto as glândulas mandibulares produzem uma secreção branca leitosa (THRASYVOULOU *et al.*, 1983; BROUWERS, 1984; HAYDAK, 1970; LIU *et al.*, 2008; FENG *et al.*, 2009).

A distribuição desta secreção dentro da colônia depende do indivíduo. Rainhas recebem exclusivamente geleia real em todos os dias de alimentação, o que resultará em uma abelha de tamanho e tempo de sobrevivência maior, enquanto larvas de operárias e zangões recebem, segundo Thrasyvoulou *et al.* (1983), uma substância similar a geleia da rainha, porém com diferenças no valor nutritivo e apenas até o terceiro dia da fase larval. Depois recebem uma alimentação baseada somente em mel, pólen e água (Figura 2). O processo de alimentação das larvas é progressivo, em virtude do fato das abelhas nutrizas depositarem o alimento nas células durante visitas periódicas (WINSTON, 1987; RAMOS & CARVALHO, 2007).

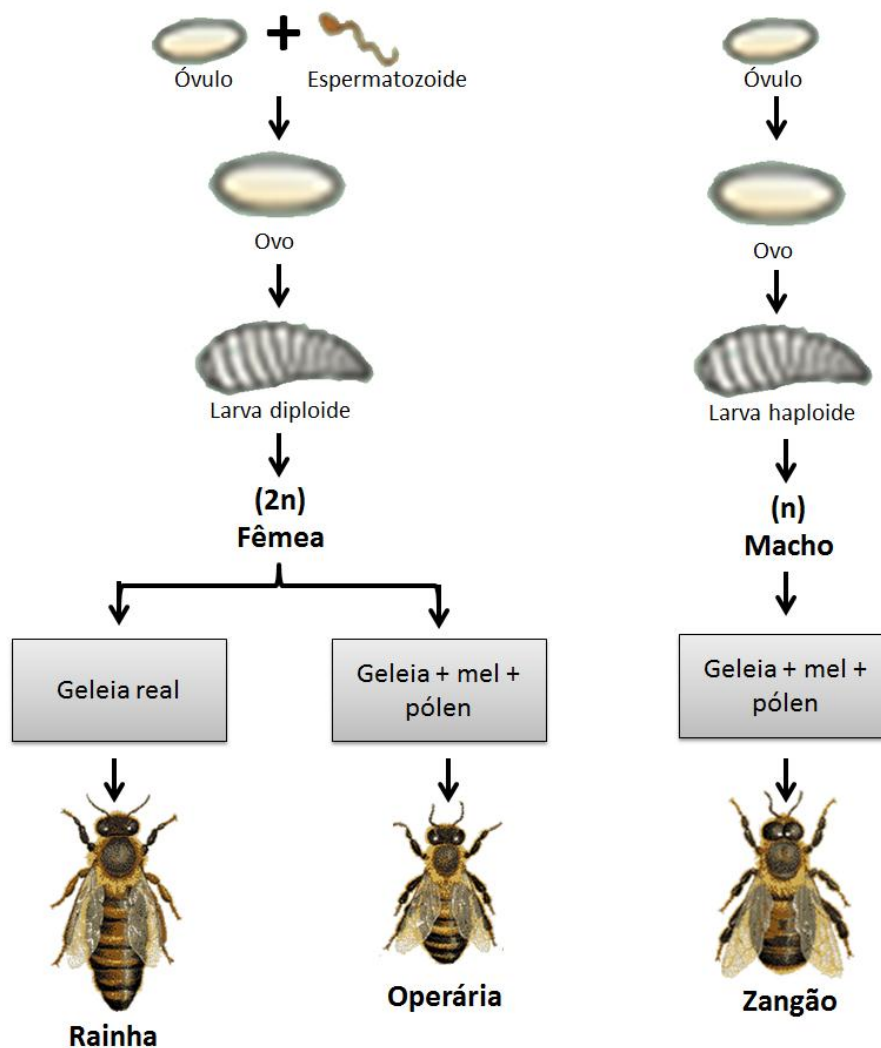


Figura 2. Esquema do mecanismo haplodiploide e diferenciação de castas em *Apis mellifera*.

Além destas diferenças na quantidade e na qualidade do alimento oferecido às larvas de rainha e operária, as duas castas de abelhas melíferas também se desenvolvem em células diferentes, sendo as células de rainha visivelmente maiores, as quais são chamadas de célula real ou realeira (WINSTON, 1987; CARGEL & RINDERER, 2004; RAMOS & CARVALHO, 2007).

2.4 Aspectos reprodutivos da rainha

Ao redor de sete dias após emergir da realeira, a rainha já está sexualmente madura e com o sistema reprodutor preparado para receber os espermatozoides. Então num curto período, um a três dias, a abelha rainha realiza voos nupciais, onde se acasala ao ar livre (8 a

20 metros de altura), com vários zangões, podendo chegar a 20 machos. Os zangões em geral se reúnem em áreas denominadas de zonas de congregação de zangões e, quando sentem o cheiro do feromônio liberado por uma rainha virgem, dão início a uma perseguição para alcançar a rainha e acasalar com ela. Em seguida, a rainha regressa para a colônia e com aproximadamente cinco ou seis dias após o voo nupcial, iniciam a atividade de postura dos ovos, chegando a pôr de 1000 até 3000 ovos por dia, quando em boas condições de fluxo de alimento (MERRILL, 1924; NOLAN, 1925; MOELLER, 1958; WOYKE, 1960; ADAMS *et al.*, 1977; WINSTON, 1987; LOBO & KERR, 1993; PATRÍCIO & CRUZ-LANDIM, 2002; KOENIGER & KOENIGER, 2007).

O sistema reprodutor da rainha é composto por dois grandes ovários, cada um dos quais contém 1800-2000 ovariolos. Uma bolsa esférica, conhecida como espermateca, é conectada por meio de um oviduto a uma câmara vaginal. Após as cópulas com os machos, todo o sêmen coletado pela rainha durante o voo nupcial fica estocado na espermateca. Este sêmen será o mesmo durante toda sua vida fértil sendo utilizado gradualmente para a fecundação de oócitos, o que determina a longevidade da mesma, pois quando a rainha é velha, com estoque reduzido de espermatozoides, esta é naturalmente substituída por uma rainha nova (WOYKE, 1960, WINSTON, 1987; SEVERSON & ERICKSON, 1989; PATRÍCIO & CRUZ-LANDIM, 2002; TANAKA & HARTFELDER, 2004).

Durante o processo de substituição, normalmente as operárias produzem de 15 a 25 realeiras, porém destas, após emergirem e competirem entre si, apenas uma rainha garantirá o sucesso reprodutivo da colônia (WINSTON, 1987; GILLEY & TARPY, 2005), sendo que sua substituição é independente da relação genética entre as operárias e a rainha (KOYAMA *et al.*, 2007).

2.5 Longevidade

Insetos sociais são caracterizados pela vida útil extraordinariamente longa de suas fêmeas reprodutoras, que podem ser dezenas de vezes maiores do que a dos insetos não-sociais. Além disso, também supera significativamente a longevidade de indivíduos não-reprodutivos da mesma espécie. Em abelhas *Apis mellifera*, a vida longa das rainhas em relação às operárias, assim como o dimorfismo observado nesta casta, é particularmente intrigante porque estes indivíduos têm o mesmo genótipo (WINSTON, 1987; PAGE & PENG 2001; HEINZE & SCHREMPF, 2008; REMOLINA & HUGHES, 2008).

Na literatura, há várias teorias que tentam explicar como rainhas alcançam vida tão longa e sustentam alta fecundidade, em comparação com outros insetos. Apesar de controversos, vários estudos relataram hipóteses para mostrar que as diferenças nos indivíduos podem estar relacionadas com alterações na capacidade de resistência ao estresse oxidativo (HARMAN, 1956; CORONA *et al.*, 2005, 2007; HADDAD *et al.*, 2007; HULBERT, 2008; SEEHUUS *et al.*, 2006), maior habilidade para evitar a deterioração da eficiência imunológica (SCHMID *et al.*, 2008; AMDAM *et al.*, 2005) e mecanismos específicos de sinalização endócrina e a regulação do envelhecimento (GUIDUGLI *et al.*, 2005; CORONA *et al.* 2007).

As diferenças de expectativas da vida útil de fêmeas reprodutivas e estéreis, também já foram bastante discutidas (NEUKIRCH, 1982; SCHMID-HEMPEL & WOLF, 1988; VISSCHER & DUKAS, 1997; PARKER *et al.*, 2004; CORONA *et al.*, 2005, 2007), porém, o fenômeno ainda não é inteiramente compreendido e instiga muito interesse na pesquisa com insetos sociais, uma vez que este fato foi estabelecido com sucesso na natureza (HEINZE & SCHREMPF, 2008; REMOLINA & HUGHES, 2008).

Nas colônias de *Apis mellifera*, além do fato de que os indivíduos exibem um tempo de vida diferenciado para cada casta, a longevidade também pode variar de acordo com a subespécie, a região e a época do ano. Em regiões de clima temperado, zangões vivem em média 21-32 dias na primavera e verão, períodos em que são produzidos (WINSTON, 1987). Para abelhas operárias europeias, a vida útil pode ser muito mais longa do que para as abelhas africanizadas, pois, segundo Almeida e Soares (2003), as colônias europeias hibernam como mecanismo adaptativo do processo de termorregulação, o que proporciona um controle de temperatura excelente em regiões de climas temperados. Sakagami e Fukuda (1968) relata que há fases diferentes de longevidade que ocorrem em ciclos anuais para as abelhas operárias europeias. Estas fases correspondem a um período em que a colônia está ativa e outra quando se passa por uma fase de repouso ou hibernação. No inverno, as operárias têm uma longa vida útil de 150-200 dias, na primavera varia em média, de 30-60 dias e, no verão, que é a fase mais ativa, são de curta duração, com média de 15-38 dias. (FREE & SPENCER-BOOTH, 1959; FUKUDA & SEKIGUCHI 1966). Em regiões tropicais e subtropicais, as abelhas são ativas durante todo o ano e a diferença sazonal geralmente não pode ser observada, embora Almeida e Soares (2003) tenham relatado maior longevidade de abelhas operárias africanizadas durante o inverno do que no outono em Ribeirão Preto-SP.

A longevidade da rainha é expressivamente maior do que das operárias e zangões, vivendo geralmente de um a dois anos em regiões de clima temperado (PAGE & PENG, 2001), embora tenha sido relatado na Rússia, rainhas com longevidade superior a 5 anos (BOZINA, 1961). Além disso, rainhas fecundadas naturalmente podem apresentar vida útil significativamente superior a de rainhas inseminadas intrumentalmente (HARBO & SZABO, 1984). Segundo Kerr *et al.* (1970) e Weaver (1979), a vida fértil da rainha é mais curta, em condições tropicais, isso em função do ciclo contínuo de produção de cria durante todo o ano, pois nas regiões quentes não existem diapausas, períodos cuja atividade de postura é diminuída, como ocorre em colônias de regiões temperadas.

De acordo com Gonçalves e Kerr (1970), em condições tropicais brasileiras, a vida média das rainhas africanizadas é em torno de oito meses, o que significa que as rainhas das colônias são substituídas naturalmente pelo menos uma vez por ano. Kerr *et al.* (1970) realizaram pesquisas comparativas, em Piracicaba-SP, com rainhas italianas e africanizadas fecundadas naturalmente e obtiveram vida média de 7,4 meses para as italianas e 8,4 meses para as africanizadas. Silva *et al.* (1991) acharam em Pindamonhangaba-SP, longevidade média superior a 1 ano e 9 meses em rainhas africanizadas fecundadas naturalmente. De Souza *et al.* (2013) estudaram em Ribeirão Preto-SP, a longevidade de rainhas leves (<180 mg) e pesadas (>200 mg) fecundadas natural e instrumentalmente. Estes autores encontraram longevidade média em torno de 1 ano e 7 meses para as rainhas pesadas que se acasalaram naturalmente e 9 meses para os demais grupos.

Estas diferenças observadas nas citações acima, quanto à longevidade, provavelmente foram resultantes da influência de vários fatores como genética e condições ambientais do local onde se realizou o estudo.

2.6 Influências ambientais

As condições climáticas devem ter importância considerável, visto que as variáveis ambientais externas apresentam diversos efeitos específicos sobre os indivíduos das colônias (SAKAGAMI & FUKUDA, 1968; KERR *et al.*, 1970; WEAVER, 1979; BRANDEBURGO & GONÇALVES (1989); SEVERSON & ERICKSON, 1989; SILVA, 1993; SCHMICKL &

CRAILSHEIM, 2002; GARCIA & NOGUEIRA-COUTO, 2005; ALMEIDA, 2008; BRIGHENTI *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2010, 2012).

Brandeburgo e Gonçalves (1989) afirmam que os fatores ambientais apresentam forte interferência no desenvolvimento das colônias de abelhas, podendo restringir ou incrementar a expansão das mesmas e sua produção de mel. Havendo uma população forte e alimentação adequada, as abelhas conseguem manter, mediante termorregulação, um microclima ótimo no interior da colmeia, mesmo com as condições externas desfavoráveis, no entanto, segundo Almeida (2008), com o aumento da temperatura interna, ao atingir 41°C as abelhas perdem este controle, abandonando a colmeia.

Sabe-se que a temperatura exerce forte influência no funcionamento da colônia e de acordo com Kerr *et al.* (1970), as abelhas geralmente diminuem ou interrompem as coletas quando a temperatura está acima de 40°C. Almeida (2008), relatou que colônias submetidas à condições experimentais de teste de temperatura apresentam comportamento anormal e tentam controlar a temperatura com ventilação e introdução de água no interior da colônia, porém, abandonam as colmeias quando a temperatura interna for superior a 41°C.

Na maior parte do Nordeste do Brasil, o clima é considerado semiárido com altos índices de radiação solar, temperaturas elevadas e pouca intensidade pluviométrica. Este tipo de ambiente tem causado muitas perdas na produção apícola e gerado enormes dificuldades de crescimento no setor. Todos os anos os apicultores perdem em média, 50% de suas colônias por causa da enxameação (GONÇALVES, 2004), chegando a perdas de até 90% quando a estiagem é muito prolongada, como ocorreu no ano de 2012 (GONÇALVES *et al.*, 2013). Devido aos prejuízos causados pelas secas recorrentes nos últimos anos, muitos produtores nordestinos se desestimularam e até desistiram da atividade.

2.7 Termorregulação

As abelhas *Apis mellifera* são animais pecilotérmicos, ou seja, possuem um mecanismo que acomoda sua temperatura corporal de acordo com a temperatura ambiental. Estes insetos exercem termorregulação em função das oscilações de temperatura do meio ambiente, sendo

que temperaturas baixas normalmente inibem a atividade, enquanto as altas geralmente estimulam o animal (KEFUSS & NYE, 1970).

Entre os insetos sociais, *A. mellifera* é o mais intensamente investigado a respeito da homeostase térmica da colônia. Sua área de cria no ninho tem a temperatura regulada com precisão, dentro de um intervalo de 32-36°C, com média de 34,5°C (SIMPSON, 1961; FAHRENHOLZ *et al.*, 1992; BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003).

A cria em si tem uma baixa taxa metabólica (MELAMPY & WILLIS, 1939; KRONENBERG & HELLER, 1982; PETZ *et al.*, 2004) e, visto que não possui a capacidade reguladora e não fornece calor suficiente por si só, não seria capaz de alcançar constância térmica em um ambiente variável. O aquecimento da cria tem, portanto, que ser realizado pelas abelhas operárias. Este comportamento de aquecimento é induzido por estímulos químicos e propriedades físicas da cria e, segundo Kronenberg & Heller (1982), as células operculadas são mais atrativas do que as abertas.

Como as crias são extremamente dependentes do controle da temperatura, a regulação exata pelas abelhas, torna-se indispensável para o bom desenvolvimento dos indivíduos. Temperaturas acima de 36°C por muito tempo são prejudiciais à cria, e podem causar anomalias no desenvolvimento e morte (WINSTON, 1987), do mesmo modo, se pupas permanecerem por muito tempo abaixo de 32°C, há uma alta incidência de asas e pernas encolhidas e malformações do abdômen (STABENTHEINER *et al.*, 2010) e, quando adultos, podem sofrer de insuficiência neural e comportamental (TAUTZ *et al.*, 2003; GROH *et al.*, 2004; JONES *et al.*, 2005; BECHER *et al.*, 2009). Devido a estas consequências, a precisão da termorregulação é elevada na presença de crias (BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003) e mais variável, sendo geralmente mais baixa em colônias com menos cria (STABENTHEINER *et al.*, 2010).

As abelhas executam este rigoroso controle termorregulatório com diversas atividades que podem variar dependendo da temperatura ambiental. No frio, as operárias conseguem aquecer o ninho graças a capacidade de produção de calor endotérmico, gerado por meio de micro-vibrações musculares e à habilidade do isolamento da área de cria, possibilitando a sobrevivência nos invernos rigorosos das regiões temperadas (SOUTHWICK, 1985; STABENTHEINER *et al.*, 2003a; JONES & OLDROYD, 2007). Já se a colmeia está em perigo de ser superaquecida, as abelhas adultas se dispersam no ninho e, se a temperatura continuar a subir, as abelhas resfriam utilizando um sistema de ventilação, gerando uma

corrente de ar com o bater das asas, assim como, coletam água e espalham sobre os quadros, de modo a usar o recurso da evaporação (LINDAUER, 1955; KRONENBERG & HELLER, 1982; SOUTHWICK & MORITZ, 1987). Quando a temperatura torna-se incontrolável, as abelhas abandonam a colmeia (ALMEIDA, 2008).

Muitas pesquisas sobre a termorregulação de abelhas *A. mellifera* têm sido relatadas, tanto em nível de colônia como um todo (considerada um superorganismo), que descreve os aspectos do microclima da colmeia, usando medidas como a temperatura da área de cria e dos quadros, a temperatura e a humidade do ar, para entender os ritmos diurnos de temperaturas da colmeia, taxas metabólicas, entre outros (FAHRENHOLZ *et al.*, 1992; KRONENBERG & HELLER, 1982; JONES *et al.*, 2004), assim como no nível individual, sobre a respiração e produção de calor dos ovos (MACKASMIEL & FELL, 2000), das larvas (MELAMPY & WILLIS, 1939; PETZ *et al.*, 2004), e de abelhas em repouso ou ativa em diferentes idades (SCHMOLZ *et al.*, 2002; STABENTHEINER *et al.*, 2003b; KOVAC *et al.*, 2007). Stabentheiner *et al.* (2010) afirmam que a homeostase térmica de uma colônia de abelhas é o resultado da cooperação de milhares de indivíduos em um sistema que é regulado por múltiplos fatores.

No Nordeste Brasileiro, as altas temperaturas resultantes da forte radiação da região são frequentemente o fator limitante para o equilíbrio térmico das colônias (ALMEIDA, 2008), chegando muitas vezes, a causar o aquecimento interno da colmeia a ponto de acarretar no derretimento dos favos de cera, provocando as abelhas ao abandono da colmeia. Mais pesquisas ainda são necessárias para entender o comportamento e fisiologia das abelhas africanizadas neste ambiente nordestino, uma vez que a maioria dos estudos sobre termorregulação de abelhas foram realizados em regiões de clima temperado e, portanto, não condizem com a realidade de clima quente e semiárido da Caatinga brasileira.

2.8 Comportamento enxameatório

A enxameação nas abelhas é um processo complexo, influenciado por múltiplos fatores bióticos e abióticos, e requer uma comunicação e interação muito eficiente entre os indivíduos da colônia, o que o torna um dos fenômenos mais fascinantes ocorrentes na natureza, embora muitos sinais químicos e físicos envolvidos e mecanismos moleculares que o controlam ainda não estejam completamente entendidos (GROZINGER *et al.*, 2014).

Há dois tipos de enxameação conhecidas, a enxameação reprodutiva e enxameação por abandono ou migratória. A primeira, como o nome já diz, é uma estratégia reprodutiva que as abelhas melíferas realizam para fins de propagação e dispersão, sendo essencial para dar continuidade à existência da espécie. Este tipo de enxameação ocorre em períodos de grande fluxo de alimento, geralmente com os enxames populosos. Durante este processo, as operárias criam ao mesmo tempo, várias rainhas, de modo que, quando a primeira está por emergir, parte do enxame deixa a colônia acompanhada da rainha antiga. Dependendo do tamanho da população de abelhas que fica, quando a rainha emerge, ela pode deixar a colônia com outra parte das operárias, ou destruir as demais células com as rainhas que estão sendo criadas. O primeiro grupo que saiu com a rainha antiga e fecundada é chamado de enxame primário e os subsequentes são denominados de secundário, terciário, etc. (GETZ *et al.*, 1982; RANGEL & SEELEY, 2012).

A enxameação por abandono ou migratória, é a saída em massa de todos os indivíduos da colônia, demonstrando algum nível de estresse generalizado, podendo ser causado por diversos fatores como altas temperaturas, falta de alimento, predação, etc. Este tipo de comportamento ocorre com maior frequência nas abelhas africanas (HEPBURN & RADLOFF, 1998), bem como nas africanizadas (NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 2002; ALMEIDA, 2008). O abandono e a migração dos enxames foram estratégias muito importantes para a sobrevivência das abelhas africanizadas no Semiárido nordestino, em contraste com as raças europeias que nunca conseguiram estabelecer populações silvestres na região (FREITAS *et al.*, 2007).

Embora o comportamento enxameatório por migração seja fundamental para o sucesso propagativo das abelhas na natureza, por outro lado, representa grandes perdas para o apicultor. Por este motivo, a enxameação deve ser controlada em apiários comerciais, uma vez que este comportamento das colônias reduz a população de abelhas dos apiários e, conseqüentemente, afeta a produção.

Nas condições semiáridas do Nordeste, o índice de enxameação é considerado muito alto, chegando a ocasionar perdas anuais de até 90%, como relatado anteriormente (subitem 2.6). Segundo Almeida (2008), uma das principais causas da alta frequência de abandono de enxames no Nordeste brasileiro é a temperatura elevada e em especial a seca.

2.9 Manejo de sombreamento

Tendo em vista a forte influência que as condições ambientais exercem sobre o desempenho do enxame e alterações fisiológicas e comportamentais dos indivíduos (KEFUSS & NYE, 1970; BRANDEBURGO & GONÇALVES 1989; SILVA, 1993; ALMEIDA, 2008; BRIGHENTI *et al.*, 2010; TOLEDO *et al.*, 2010; SOMBRA, 2013), técnicas de sombreamento devem ser adotadas para obtenção do sucesso produtivo na apicultura. Entretanto, medidas de manejo básicas e acessíveis, ainda não são praticadas pelos apicultores, talvez pela falta de conhecimento ou de assistencialismo técnico, uma realidade que dificulta um maior crescimento da produção apícola no Nordeste brasileiro.

O sombreamento vem sendo apontado recentemente como um método de manejo simples, porém, eficiente para melhorar a produtividade das colônias no Semiárido da Caatinga (BRANDEBURGO & GONÇALVES, 1989; LORENZON *et al.*, 2004; ALENCAR, 2005; ALENCAR & SOUZA, 2006; SOUZA *et al.*, 2006; LOPES *et al.*, 2011; PAIVA, 2011; TAVARES *et al.*, 2012; SOMBRA, 2013, BRITO, *et al.*, 2014). As altas temperaturas do Semiárido, causadas pela forte radiação da região, representam um dos principais fatores limitantes para os enxames. Esta condição adversa pode ser amenizada com coberturas sobre as colônias, que podem ser naturais ou artificiais. As vantagens desta técnica podem ser refletidas através de um melhor aproveitamento das abelhas para tarefas essenciais como forrageamento, ao invés de investirem na busca constante por água e ventilação para manter a homeostase térmica da colônia. Tal fato pode gerar uma economia energética favorável à obtenção de uma maior população do enxame e melhora no comportamento e fisiologia das colônias, que, por conseguinte, refletiria no aumento do desempenho de produção (LOPES *et al.*, 2011; SOMBRA, 2013).

Trabalhos realizados na Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural do Semiárido, em Mossoró-RN, mostraram que em colmeias submetidas às condições de sombra, os parâmetros de desenvolvimento e produção avaliados nas colônias foram significativamente melhores, quando comparados com colmeias expostas diretamente ao sol (SOMBRA, 2013). Resultados de melhor desempenho das colônias sob área sombreada também foram encontrados por outros autores (ALENCAR, 2005; PAIVA, 2011; LOPES *et al.*, 2011). O simples manejo de manter as colmeias em condições de sombreamento pode diminuir expressivamente o estresse causado por altas temperaturas no ambiente, o que possivelmente proporcionaria às abelhas, menos trabalho na termorregulação das colônias e mais tempo para forragear. Em outras palavras, o uso de área sombreada sobre as colmeias representa economia de energia e tempo das abelhas no processo de resfriamento do ninho,

sobrando mais “mão de obra” para outras tarefas como forrageamento, aumentando assim a sua capacidade produtiva.

Baseado nas informações da literatura sobre a distribuição das tarefas realizadas pelas abelhas na colônia (WINSTON, 1987; SEELEY & KOLMES, 1991; PAGE & ROBINSON, 1991; ROBINSON, 1992; JOHNSON, 2002, 2010; SMITH *et al.*, 2008) e os relatos sobre os efeitos do aumento da temperatura nas colmeias em região semiárida (ALENCAR, 2005; ALMEIDA, 2008; CARVALHO, 2009; PAIVA, 2011; LOPES *et al.*, 2011; TAVARES *et al.*, 2012; SOMBRA, 2013), criou-se um esquema ilustrativo a fim de mostrar de forma resumida, as implicações gerais, positivas e negativas em colônias expostas sob condições de sol e sombreamento (Figura 3).

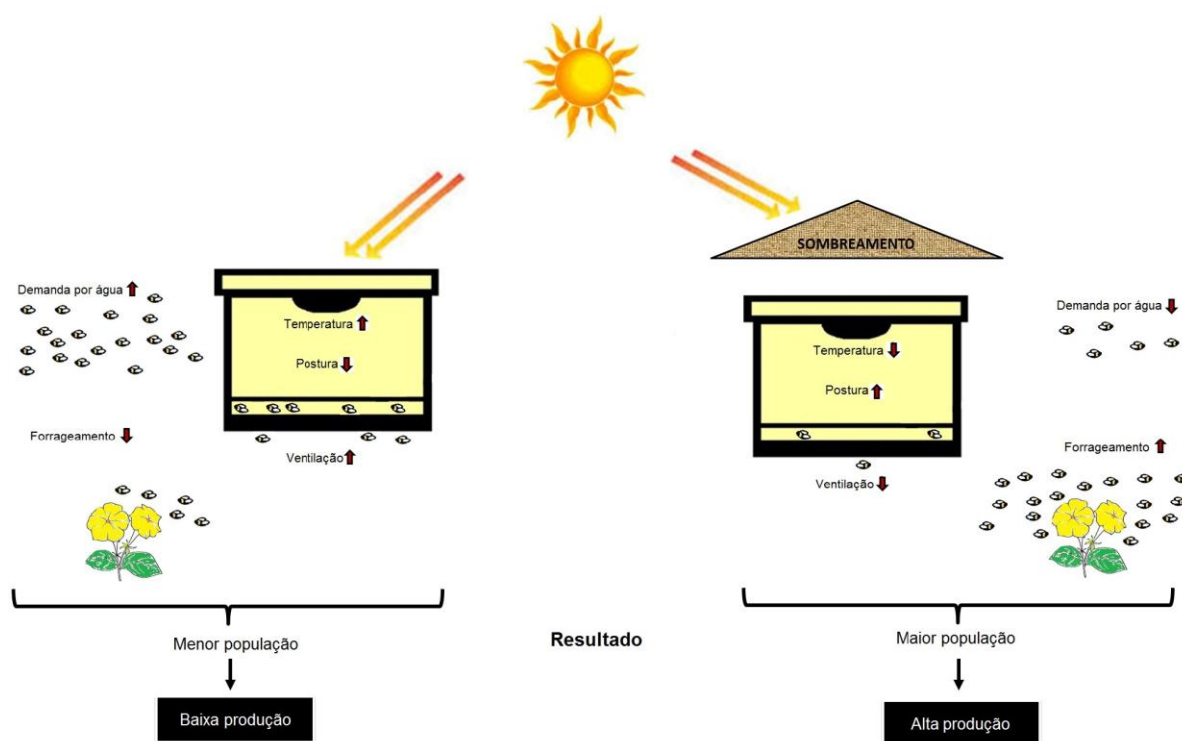
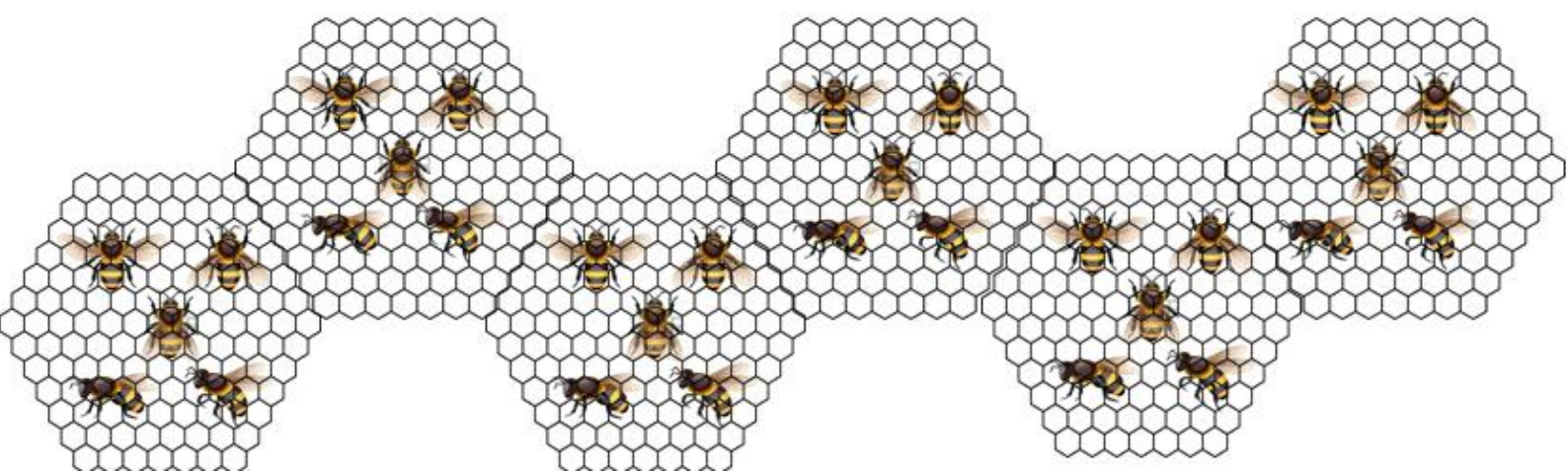


Figura 3. Esquema ilustrativo que simplifica as consequências da exposição de colmeias em condições de exposição ao sol e sob área sombreada.

O uso de coberturas, além de reduzir nas abelhas o estresse induzido por altas temperaturas, também pode melhorar a quantidade e qualidade dos produtos apícolas. Manrique & Soares (2002), Santana (2003), Lima (2006) e Souza *et al.* (2006) relatam que colmeias mantidas à sombra produzem maior quantidade de própolis. As características físico-químicas do mel, como o teor de umidade, índice de hidroximetilfurfural (HMF) e reações da invertase e diastase também podem ser afetadas quando produzidos em colmeias

expostas às variáveis ambientais (CRANE, 1983; RODRIGUES *et al.*, 1996; LOPES *et al.*, 2011).

De acordo com Almeida (2008), quando ocorre a diminuição de fatores externos estressantes, as colônias alcançam o estado de homeostase com maior facilidade. Isso justifica a melhor performance de colmeias submetidas à condição de sombreamento, uma vez que a cobertura vegetal sobre as colônias ameniza as condições desfavoráveis do ambiente, reduzindo a alta intensidade de radiação, que é o principal fator responsável por provocar a elevação da temperatura das colônias.



OBJETIVOS

3 OBJETIVOS

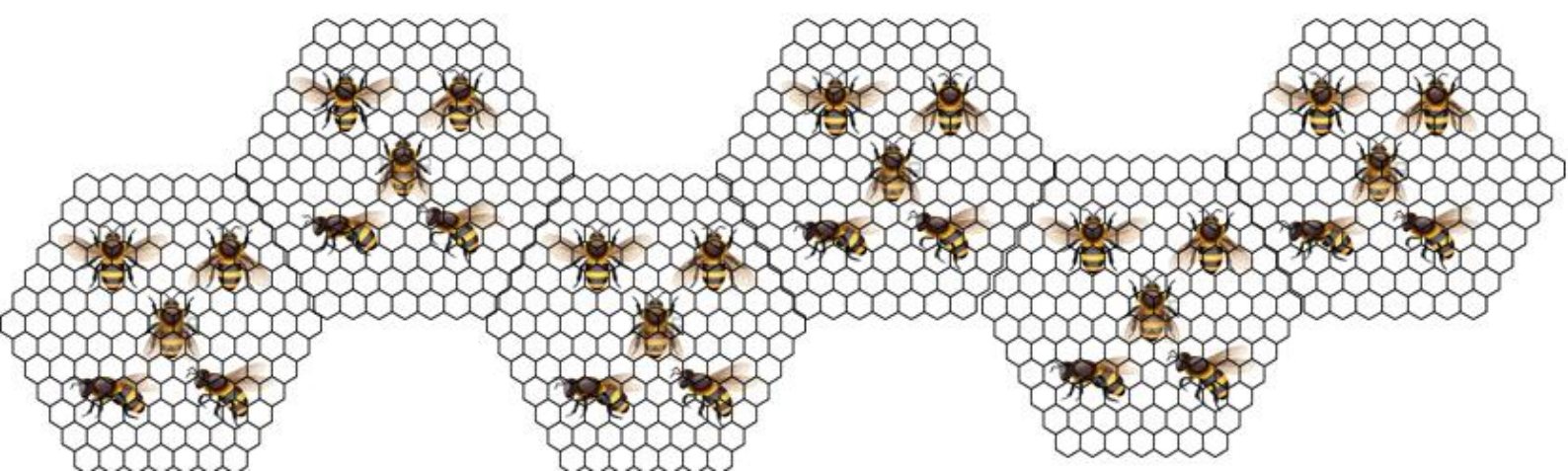
3.1 Objetivo Geral

Estudar a influência do manejo de sombreamento (colônias de abelhas instaladas em colmeias sob radiação direta do sol e em área sombreada) na longevidade e produção de abelhas rainhas africanizadas de *Apis mellifera* L.

3.2 Objetivos Específicos

Avaliar em colônias de abelhas africanizadas submetidas à condições de sol e sombra, os seguintes aspectos:

- Taxa de aceitação das larvas transferidas para a produção de rainhas;
- Peso diário das rainhas durante o desenvolvimento ontogenético (ovo a adulto);
- Percentual de emergência das rainhas;
- Longevidade de rainhas fecundadas;
- Desempenho das rainhas no desenvolvimento e produção das colônias.



MATERIAL E MÉTODOS

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local de trabalho

Este trabalho foi desenvolvido no Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (CETAPIS), instalado na Fazenda Experimental Rafael Fernandes da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), localizada na comunidade Alagoinha, zona rural de Mossoró/RN, sob as seguintes coordenadas geográficas: 5°03'37" de latitude sul, 37°23'50" de longitude oeste e altitude aproximada de 72 metros.

O município de Mossoró possui a temperatura média anual em torno de 27,5°C, umidade relativa de 68,9%, nebulosidade média anual de 4,4 décimos e precipitação média anual de 673,9 mm (CARMO FILHO *et al.*, 1987). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é considerado como sendo do grupo BSw'h', ou seja, tropical semiárido muito quente e seco, com estação chuvosa ocorrendo no verão.

O trabalho foi realizado em condições experimentais distintas:

1. Controle - colmeias instaladas no sol;
2. Sombreamento - colmeias sob latada formada por cobertura vegetal (palha seca de carnaúba).

Todas as colmeias foram mantidas em condições naturais de vento, temperatura, e umidade (Figura 4).



Figura 4. Local de trabalho. **A)** Entrada da Fazenda Experimental Rafael Fernandes, onde se localizam as instalações do CETAPIS (Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte); **B)** Colmeias expostas às condições experimentais, no sol e sob área sombreada no semiárido. Foto B: SOMBRA (2013)

4.2 Experimento para avaliação da taxa de aceitação de larvas

Foi realizada a técnica de transferência de larvas de operárias de acordo com o método de Doolittle (1899). A partir dos quadros de crias de uma colônia matriz (Figura 5A), larvas jovens com até 24 horas de vida (Figura 5B) foram transferidas com auxílio de uma agulha chinesa, para cúpulas de acrílico (realeiras artificiais) banhadas com cera de abelha, contendo uma gota de geleia real diluída em água (proporção de 1:1) e fixadas com cera ao longo de barras de madeiras colocadas no quadro porta cúpulas (Figura 5C). Posteriormente, as cúpulas foram introduzidas em 10 colônias instaladas em colmeias tipo Langstroth (Figura 5D) que foram previamente orfanadas e tiveram as populações ou biomassas padronizadas 48 horas antes da introdução. A padronização constituiu em dotar cada colmeia com quadros de cria operculada e abelhas jovens, além de quadros com alimento (pólen e mel) e população de aproximadamente 30.000 abelhas.

Os quadros porta cúpulas foram inseridos em colônias expostas diretamente ao sol (controle) e em colônias mantidas sob condições de sombreamento, sendo que o número de larvas introduzidas por colônia variou de 60 a 100 (Vide Tabela 1). No total foram realizadas 2560 transferências de larvas, sendo metade deste valor para colônias no sol e a outra metade para colônias na sombra (Figura 6).

Três dias após a realização das transferências foi avaliado o percentual de aceitação das larvas transferidas, onde foi considerada aceita, a larva que estivesse viva, com geleia real disponível e a realeira sendo construída.

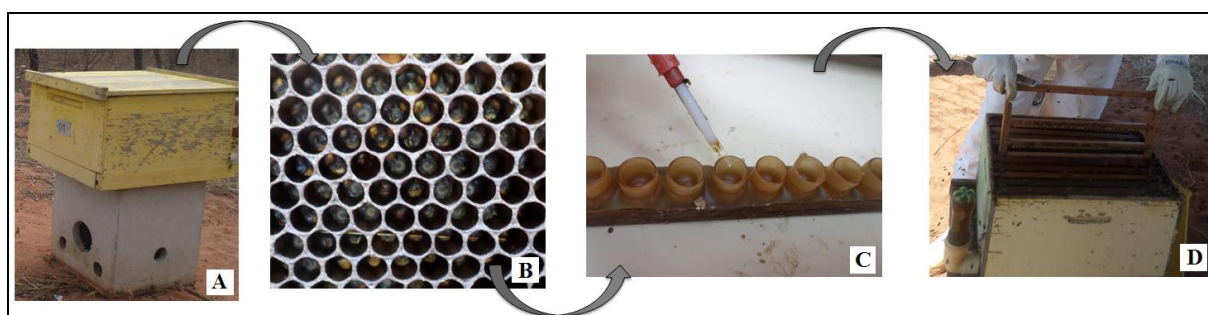


Figura 5. Processo de transferência de larvas de abelhas africanizadas. **A)** Colônia matriz para ceder larvas recém-eclodidas; **B)** Quadro de cria com larvas jovens; **C)** Cúpulas de acrílico banhadas com cera de abelha. Em cada cúpula é colocada uma larva sobre uma gota de geleia real diluída em água; **D)** Quadro porta-cúpulas sendo inserido em uma colmeia modelo Langstroth com colônia previamente orfanada.



Figura 6. Colmeias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) usadas para estudos de aceitação de larvas em colônias sob condições de sol e sombra em ambiente semiárido da Caatinga.

4.3 Avaliação do desenvolvimento ontogenético

Para avaliação do desenvolvimento ontogenético das rainhas, foram coletadas amostras de ovos dos favos e de larvas, pré-pupas, pupas e adultos durante o desenvolvimento das rainhas nas cúpulas. Cada fase do ciclo evolutivo das rainhas foi pesada, sendo a seguir detalhados os pormenores das coletas e pesagens.

Peso dos ovos

Para avaliar a primeira fase (ovo) do desenvolvimento das rainhas, foi colocado em cada colmeia um quadro com favo vazio de cera alveolada pronta para a postura da rainha. Uma inspeção foi realizada 24 horas depois para averiguar se a rainha tinha iniciado a postura. Após mais 12 horas foram retirados 10 ovos de cada colônia e pesados. Algumas áreas no quadro foram então marcadas para remoção posterior de ovos. Os ovos foram pesados com aproximadamente 24, 48 e 72 horas após a postura da rainha (Vide Tabelas III e IV no Apêndice). Para isso, utilizou-se 6 colônias, sendo 3 no sol e 3 na sombra, totalizando 30 ovos em cada tratamento.

Peso das outras fases (larva, pré-pupa, pupa e adulto)

As demais fases do ciclo evolutivo das rainhas foram avaliadas utilizando 10 colônias (5 no sol e 5 sob sombreamento). Estas foram orfanadas e reformadas de forma padronizada, de modo que cada uma ficou com aproximadamente 4 quadros de cria operculada, 3 quadros de pólen, 2 de mel e uma população de cerca de 30.000 abelhas. Após 2 dias da realização da padronização das colônias, foi feita uma vistoria a fim de destruir possíveis realeiras em construção, para que a colônia continuasse órfã. As colônias receberam alimento energético quando necessário.

Posteriormente em laboratório, foram transferidas larvas de operárias recém eclodidas, com até 12 horas de vida, para cúpulas de acrílico (realeiras artificiais) banhadas com cera derretida, contendo uma gota de geleia real diluída em água (1:1). Em seguida, as cúpulas contendo as larvas foram introduzidas nas colônias previamente orfanadas e reformadas. Foi colocado um quadro com 2 barras contendo 30 cúpulas de acrílico cada, totalizando 60 cúpulas por colônia. O processo de transferência das larvas foi repetido até a obtenção de amostragem significativa (Vide n amostral nas Tabelas III e IV).

Durante o acompanhamento do desenvolvimento ontogenético das rainhas, duas realeiras de cada colônia foram coletadas diariamente no mesmo horário e em seguida foram levadas para o laboratório do CETAPIS, onde as crias de rainhas em diferentes fases de desenvolvimento (larvas até a fase adulta) eram removidas e imediatamente pesadas em balança de precisão (ACCULAB[®]) – Figura 7.

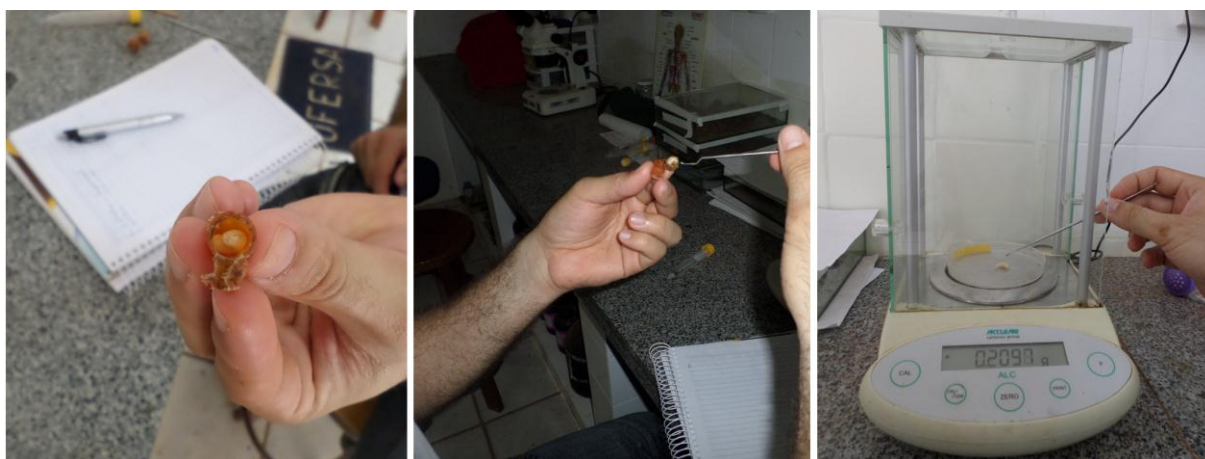


Figura 7. Remoção de uma cria de rainha africanizada (*Apis mellifera*) em desenvolvimento dentro de uma realeira para obtenção do peso corporal.

No 9º dia após a transferência das larvas, as realeiras ainda fechadas foram retiradas das barras porta cúpulas e acondicionadas individualmente em frascos de vidro de 15 ml (Figura 8). Em seguida foram transferidas para uma estufa B.O.D. e mantidas a temperatura de 34°C e 70% de umidade relativa do ar.

Para maior controle, nos dias das emergências a estufa foi rapidamente aberta para vistoriar se havia emergência de rainhas. Quando havia rainhas emergidas, estas eram imediatamente pesadas e posteriormente descartadas (Figura 9). A duração do desenvolvimento ontogenético das rainhas foi determinada registrando-se o número total de

rainhas que emergiram após as realeiras serem colocadas na estufa, estimando-se o tempo de desenvolvimento a partir da data de transferência das larvas.

Ao final do experimento, a média do peso dos indivíduos em cada dia do desenvolvimento ontogenético das rainhas analisado, foi estimada com base no número de indivíduos coletados (n amostral, vide Tabelas III e IV no Apêndice). Houve 634 emergências na estufa (Tabela 5), porém, nem todas as rainhas foram pesadas, uma vez que nem sempre foi possível acompanhar o nascimento das mesmas. Como as rainhas continuam perdendo peso depois de saírem das realeiras, a pesagem deve ser feita imediatamente após a emergência e, na presente pesquisa, as rainhas foram pesadas no máximo uma hora após as suas emergências. Todavia, para a estimativa do percentual de emergência, todos os indivíduos emergentes foram incluídos na contagem, sem ressalva, independentemente do dia (14, 15 ou 16 dias do desenvolvimento) para determinação exata do percentual de emergência ou sucesso das transferências.



Figura 8. Acondicionamento de realeiras de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) com o opérculo voltado para baixo na boca dos frascos de vidro de 15 ml para controle individual da emergência das rainhas em estufa.



Figura 9. Abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) descartadas após emergência e pesagem.

4.4 Avaliação do percentual de emergência das rainhas

Durante a avaliação do desenvolvimento ontogenético (subitem 4.3), as crias de rainhas na fase final do desenvolvimento foram acondicionadas na estufa para emergirem e serem pesadas em seguida. Nesta etapa, também foi registrado o número de emergência de rainhas desenvolvidas no sol e na sombra em relação a quantidade de realeiras mantidas na estufa. No total, 302 realeiras provenientes de colônias expostas ao sol e 396 realeiras de colônias em condições de sombreamento foram levadas para a estufa. Ao final, foi determinada a taxa de sucesso de transferência das rainhas criadas em ambos os tratamentos.

4.5 Avaliação da longevidade das rainhas e monitoramento das colônias

Para a avaliação da longevidade das rainhas e monitoramento das colônias, serão a seguir descritas as distintas atividades programadas, estando o resumo do cronograma de produção, fecundação e introdução das rainhas apresentado no Quadro 1.

Quadro 1. Resumo do cronograma de produção, fecundação e introdução das rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) para avaliação da longevidade em colmeias expostas à condições de sol e sombreamento.

Data	Evento/Atividade
15/05/2014	Transferência de larvas para produção de rainhas
24/05/2014	Foram colocadas as realeiras na estufa
26/05/2014	Nascimento das rainhas
30/05/2014	Marcação das rainhas e introdução em núcleos de fecundação
11/06/2014	Inspeção para averiguar sucesso de acasalamento
12/06/2014	Foram orfanadas 5 colônias no sol e 5 na sombra (condições experimentais)
13/06/2014	Padronização das colônias do experimento para ficarem com biomassa semelhante
16/06/2014	Retiradas as rainhas dos núcleos de fecundação e introduzidas nas colônias órfãs (presas em gaiolas)
20/06/2014	Inspeção (todas as rainhas já tinham sido libertas da gaiola e iniciado a postura)

Produção das rainhas

Para o experimento de avaliação da longevidade das rainhas nas condições de sol e sombra, foram introduzidas em cada colmeia, rainhas irmãs e da mesma idade. Para isso, rainhas de abelhas africanizadas foram produzidas de acordo com o método de Doolittle (1899) descrito no subitem 4.2 (Figura 5), sendo que as larvas foram transferidas a partir de quadros de crias de uma única colônia matriz. Isso com o propósito de que as rainhas avaliadas, possuíssem genótipos aproximadamente semelhantes, porém não idênticos, visto serem filhas de uma mesma progenitora acasalada livremente com vários zangões.

Fecundação

Após o nascimento, 22 rainhas irmãs foram marcadas com tinta branca atóxica na região superior do tórax e introduzidas em núcleos de fecundação para que ocorresse o voo nupcial e a fecundação natural. No processo de introdução, as rainhas foram mantidas presas individualmente em gaiolas de arame contendo pasta *candi* (mistura de mel, água e açúcar) como alimento. O *candi* foi colocado tampando a abertura da gaiola, de modo que fosse aberta somente alguns dias depois da introdução, logo após a rainha e as operárias comerem parte do alimento, dando passagem para a rainha e liberando-a gradativamente (Figura 10). Transcorridos 15 dias da introdução, foram realizadas revisões dos núcleos a fim de se confirmar a fecundação da rainha e o início das posturas.

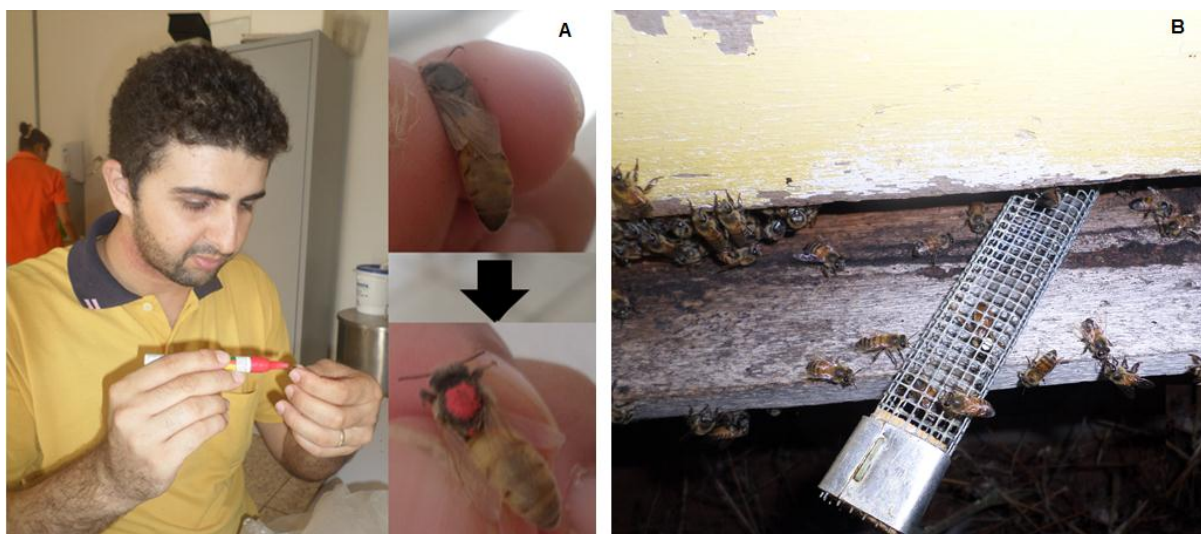


Figura 10. Manejo de rainhas. **A)** Marcação de rainhas africanizadas na parte superior do tórax com tinta atóxica. **B)** Introdução de uma rainha africanizada presa individualmente em gaiola de arame contendo em uma das extremidades, um orifício com pasta *candi*. Após as abelhas e a rainha se alimentarem do *candi*, a passagem fica livre para a saída da rainha.

Montagem do experimento para o estudo da longevidade das rainhas

Após o início da oviposição, 10 rainhas aleatórias que apresentaram uma postura normal foram capturadas dos núcleos de fecundação, divididas em dois grupos e introduzidas em 10 colônias previamente orfanadas, instaladas em colmeias modelo Langstroth, sendo 5 colmeias sob condições de sol e 5 colmeias em área sombreada. As colmeias também tiveram o número de quadros de cria e alimentos previamente padronizados, de modo que o experimento fosse iniciado com as condições de biomassa semelhantes para cada grupo de colônias. Cada colônia ficou com aproximadamente 5 quadros de cria, 3 com alimento e 2 com cera alveolada.

Coleta dos dados sobre a longevidade das rainhas e monitoramento das colônias

Transcorridos 2 meses da montagem do experimento, a população de abelhas já tinha sido renovada, então iniciaram-se as revisões das colônias *in loco* a cada 15 dias até as rainhas morrerem. Nas inspeções, as colônias instaladas sob condições de sol e sombra foram vistoriadas e a rainha capturada, presa em gaiola de arame e deixada no fundo da colmeia (Figura 11). Essa foi uma medida para evitar que a rainha fosse morta durante a manipulação dos quadros, uma vez que, para impedir a ocorrência de saques, as revisões foram realizadas a noite e a falta de iluminação adequada aliada a manipulação intensiva poderia provocar a

morte da rainha por esmagamento. Após aprisionar a rainha, todos os quadros foram então removidos e transportados para o laboratório, onde avaliou-se o desenvolvimento das colônias em geral, utilizando-se para isto, o método adaptado de Al-Tikrity *et al.* (1971). Para este procedimento foi utilizado um dispositivo com moldura de madeira tendo em um de seus lados, fios de arame dividindo a área em 36 quadrantes proporcionalmente idênticos. O dispositivo permite se determinar o percentual de área ocupada com mel, pólen, ovos, cria aberta e operculada de cada quadro modelo Langstroth colocado dentro dele. Neste caso, cada quadro foi classificado de acordo com o percentual de área ocupada para cada item analisado (Figura 12).



Figura 11. Manejo de contenção de rainha africanizada em gaiola no fundo da colmeia Langstroth após remoção dos quadros para avaliação.

Nas revisões também foram avaliadas a presença de realeiras, além de registros de enxameações. Quando a rainha em acompanhamento (marcada com cor branca) havia sido substituída por nova rainha, foi anotado o tempo de vida da primeira rainha e feita a marcação da segunda rainha com cor rosa.

Durante os períodos de 15/09 a 20/10/2014 e 01/12/2014 até o presente, as colônias de ambos os tratamentos foram alimentadas três vezes por semana com 500 ml de água com mel (3:1) ou xarope de água com açúcar (3:1) (Figura 13).



Figura 12. Mapeamento de quadro Langstroth colocado dentro do dispositivo de madeira dividido com fios de arame em 36 quadrantes idênticos, para se determinar o percentual de área ocupada com mel, pólen, ovos, cria aberta e operculada.



Figura 13. Alimentação energética (500 ml de água com mel 3:1) oferecida para abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) em alimentador externo improvisado modelo tipo bordmann, feito de cano de PVC e garrafa de plástico politereftalato de etileno (PET).

A fim de verificar possíveis fatores adicionais que pudessem ter influenciado no desempenho das operárias e no desenvolvimento das 10 colônias, instaladas no sol e sombra, foi registrado e avaliado em cada colônia, a ocorrência de doenças, saques, predação ou outros acontecimentos de fatores externos inesperados. Em virtude do desaparecimento precoce sem

causa aparente da rainha da colônia 9 (sob o sol), ocorrido aos 4 meses, foi então decidido cortar uma das asas de todas as rainhas em avaliação, isso para evitar a enxameação.

4.6 Dados climatológicos

Durante todo o período em que foram realizados os experimentos (Maio/2014 a Janeiro/2015), os seguintes dados climatológicos foram coletados: precipitação pluviométrica (mm), temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), radiação solar (W/m^2) e velocidade do vento (m/s). Os dados climatológicos foram obtidos por meio da Estação Meteorológica do CETAPIS, localizada a 100 metros do local dos experimentos (Figura 14), exceto os dados referentes a precipitação pluviométrica (mm), que foram obtidos na Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da UFERSA.



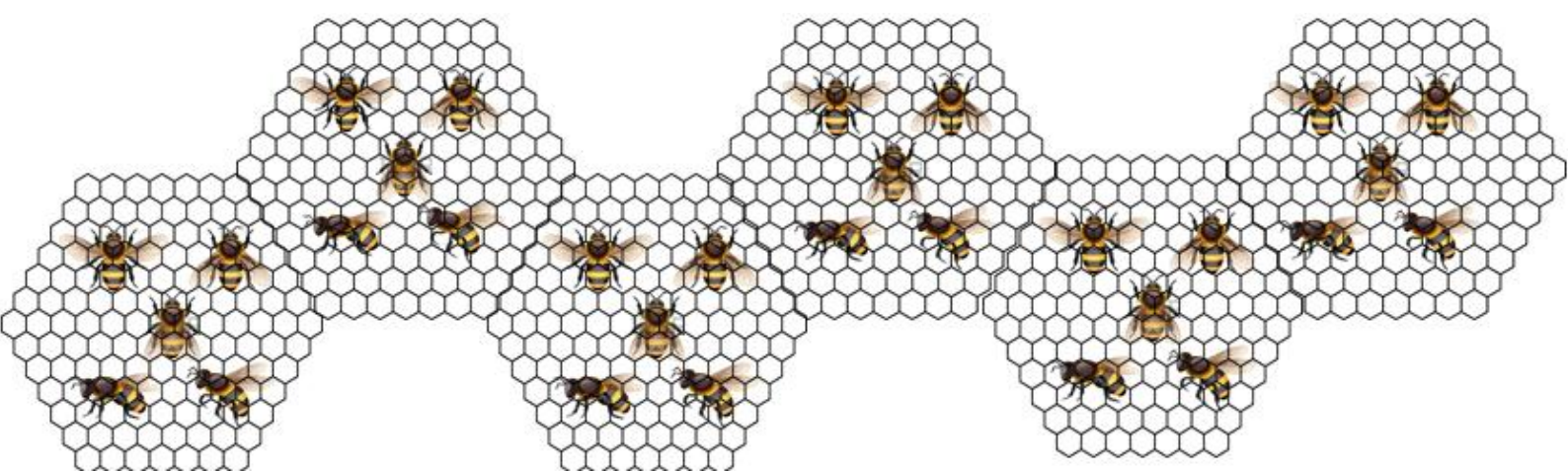
Figura 14. Estação Meteorológica do CETAPIS instalada na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, localizada na comunidade Alagoinha, Zona Rural de Mossoró-RN.

No Apêndice (Tabela I), encontram-se os dados das variáveis climatológicas obtidas durante todo o período de experimento. Além do valor médio mensal, o qual toma como base

a média de todos os dias, também é mostrado a menor e maior média obtida no mês. Para a precipitação pluviométrica também foi obtido o acumulado mensal (Apêndice - Tabela II).

4.7 Delineamento experimental e análises estatísticas

Em todos os experimentos foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado. Os dados referentes a taxa de aceitação das larvas, emergência das rainhas em estufa, desenvolvimento ontogenético e longevidade das rainhas, bem como os dados de porcentagem de área ocupada com alimento (mel e pólen), cria (aberta e operculada) e oviposição nas colônias em sol e sombra, foram analisados estatisticamente mediante a comparação das médias pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. Para isso, utilizou-se o software ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002). Também foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e comparação das médias contrastando os valores de cada mês de avaliação. Para esta comparação foi utilizado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, com auxílio do software ESTAT (UNESP, 1994).



RESULTADOS

5 RESULTADOS

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que, no Semiárido do Nordeste brasileiro, as colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) instaladas sob condições de sombreamento apresentaram melhor performance de produção, bem como rainhas com melhor desempenho reprodutivo, comparando-as com rainhas em colmeias submetidas à exposição ao sol.

5.1 Taxa de aceitação das larvas transferidas

Foram realizadas 2560 transferências de larvas jovens de operárias com até 24 horas após eclosão, sendo metade deste valor introduzido em colônias expostas diretamente ao sol e a outra metade em colônias sob condições de sombreamento. Transcorridos 72 horas após as transferências, 662 larvas em colmeias sob condições de sol e 875 larvas nas colmeias mantidas em área sombreada tinham sido aceitas, representando, respectivamente, $52,13 \pm 16,29\%$ e $68,82 \pm 17,03\%$ da taxa de aceitação. Estes resultados apresentam diferença estatisticamente significativa ($P = 0,0044$) pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade (Figura 15 e Tabela 1), o que indica uma taxa de aceitação de larvas transferidas em colônias sob condições de sombreamento superior em relação a colônias sob exposição direta ao sol.

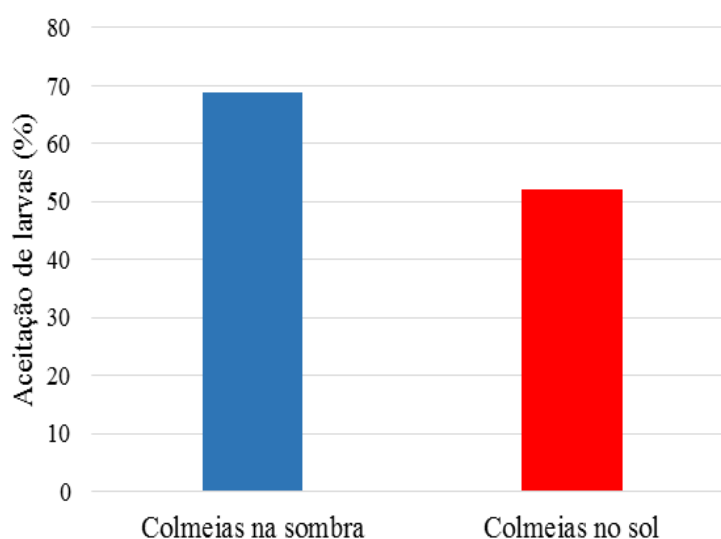


Figura 15. Percentual de aceitação das larvas de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) em colmeias instaladas em condições de sol e sombra. Os valores são estatisticamente significantes pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 1. Aceitação da transferência de larvas de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) nas colmeias instaladas em condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.

Aceitação de larvas na sombra			Aceitação de larvas no sol		
Nº transf.	Realeiras Puxadas	%	Nº transf.	Realeiras Puxadas	%
100	56	56	100	32	32
100	72	72	100	54	54
100	69	69	100	58	58
100	63	63	100	55	55
60	34	56,67	60	21	35
60	43	71,67	60	35	58,33
60	47	78,33	60	39	65
80	51	63,75	80	46	57,5
80	60	75	80	31	38,75
60	36	60	60	44	73,33
60	53	88,33	60	42	70
60	28	46,67	60	36	60
60	56	93,33	60	21	35
60	58	96,67	60	45	75
60	39	65	60	10	16,67
60	18	30	60	20	33,33
60	48	80	60	40	66,67
60	44	73,33	60	33	55

5.2 Desenvolvimento ontogenético

O desenvolvimento das rainhas africanizadas também foi afetado em colmeias expostas ao sol, sendo que rainhas desenvolvidas em área sombreada mostraram maior ganho de peso no desenvolvimento, apresentando-se maiores e mais pesadas na emergência. Os dados do peso individual das rainhas durante o ciclo evolutivo nas colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido brasileiro são apresentados nas Tabelas III e IV, dispostas no Apêndice. Os valores médio, mínimo, máximo e desvio padrão do peso das rainhas podem ser encontrados na Tabela 2.

As crias de rainhas começaram a ganhar peso significativo a partir do 7º dia do desenvolvimento e chegaram ao pico no ganho de massa corporal no 9º dia, quando sua maioria encontrava-se no final do estágio larval. No entanto, os indivíduos em desenvolvimento nas colmeias sob condições de área sombreada, alcançaram neste estágio, média de $235,82 \pm 46,09$ mg de peso corporal, enquanto os indivíduos em colmeias no sol atingiram peso médio de apenas $204,63 \pm 36,56$ mg.

Tabela 2. Média, mínimo, máximo e desvio padrão do peso (mg) de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) em diferentes estágios do desenvolvimento em colônias submetidas à exposição ao sol e sob condições de sombreamento no Semiárido da Caatinga.

Variáveis	Dias do desenvolvimento ontogenético														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SOL															
Média	0,102	0,106	0,107	0,18	1,64	6,35	59,83	175,51	204,63	198,83	178,94	179,18	175,73	169,76	161,07
Máximo	0,103	0,110	0,110	0,29	2,30	14,40	121,70	249,60	263,00	237,40	215,90	214,00	219,50	236,60	206,90
Mínimo	0,102	0,100	0,100	0,10	0,80	2,20	19,00	29,10	83,80	162,40	140,00	128,70	135,60	122,70	109,00
D. Padrão	0,0006	0,0051	0,0058	0,0473	0,4534	3,4591	38,463	55,033	36,565	22,369	23,138	19,338	23,913	28,880	21,356
N amostral	30	30	30	40	40	39	40	40	40	40	40	38	40	40	80
SOMBRA															
Média	0,101	0,103	0,105	0,17	1,80	6,60	62,86	180,13	235,82	224,51	212,44	208,26	210,73	199,44	192,99
Máximo	0,102	0,110	0,109	0,26	2,80	12,90	121,80	262,00	298,60	269,90	258,00	241,10	256,50	248,20	226,00
Mínimo	0,100	0,100	0,100	0,10	0,90	1,10	19,20	51,10	95,60	139,40	129,30	122,20	129,70	150,60	151,90
D. Padrão	0,0012	0,0058	0,0046	0,0379	0,4353	2,9862	38,649	59,193	46,093	25,506	28,507	26,040	26,456	22,496	19,032
N amostral	30	30	30	40	40	40	39	40	40	38	40	39	40	40	77

A partir do 9º dia, tanto as rainhas que se desenvolveram no sol quanto as que se desenvolveram na sombra começaram a perder peso, contudo, os indivíduos em colmeias instaladas na sombra chegaram ao final do ciclo evolutivo, em média, 31,92 mg mais pesados do que os indivíduos que se desenvolveram em colmeias expostas à radiação direta do sol (Figura 16).

A comparação das médias pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade em cada dia do ciclo evolutivo dos indivíduos em desenvolvimento (exceto na fase de ovo), sob condições de sol e sombra, permitiu constatar que a partir do 9º dia, houve diferença estatisticamente significativa no ganho de peso entre as rainhas dos dois tratamentos ($P = 0,0012$).

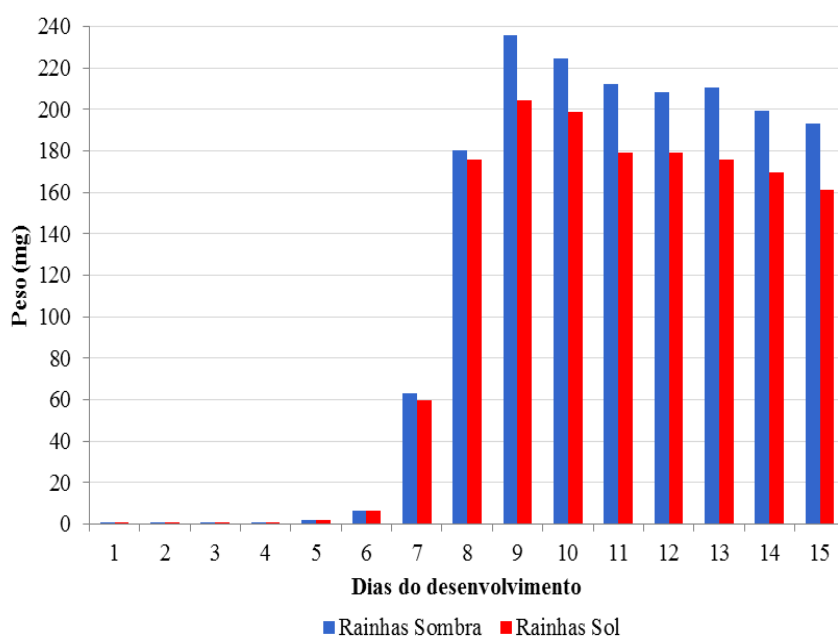


Figura 16. Médias do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) em colônias sob condições de sol e sombra. A partir do 9º dia os valores são estatisticamente significantes entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Os indivíduos de ambos os grupos de estudo completaram o desenvolvimento ontogenético em 14, 15 e 16 dias, sendo que a maioria das rainhas emergiu com 15 dias nos dois tratamentos, embora neste dia tenha sido registrado maior número de rainhas oriundas das condições de sombra (Tabelas 3 e 4). As fases (ovo, larva, pre-pupa, pupa, adulto) do ciclo evolutivo são mostradas na Figura 17.

Tabela 3. Número de indivíduos observados em cada estágio do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) em colônias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.

Dia	Tratamento	N amostral	Estágios do desenvolvimento ontogenético									Adulto
			Ovo	Larva		Pre-pupa	Pupa					
				Cel. aberta	Cel. operculada		Olho branco	Olho rosa	Olho marrom	Corpo marrom	Marrom escuro	
1	Sol	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
2	Sol	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
3	Sol	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	30	30	----	----	----	----	----	----	----	----	----
4	Sol	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
5	Sol	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
6	Sol	39	----	39	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
7	Sol	40	----	40	----	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	39	----	39	----	----	----	----	----	----	----	----
8	Sol	40	----	21	19	----	----	----	----	----	----	----
	Sombra	40	----	22	18	----	----	----	----	----	----	----
9	Sol	40	----	----	15	25	----	----	----	----	----	----
	Sombra	40	----	----	11	29	----	----	----	----	----	----
10	Sol	40	----	----	----	16	21	3	----	----	----	----
	Sombra	38	----	----	1	16	19	2	----	----	----	----
11	Sol	40	----	----	----	----	14	26	----	----	----	----
	Sombra	40	----	----	----	----	17	23	----	----	----	----
12	Sol	38	----	----	----	----	----	5	31	2	----	----
	Sombra	39	----	----	----	----	----	2	33	4	----	----
13	Sol	40	----	----	----	----	----	----	13	20	7	----
	Sombra	40	----	----	----	----	----	3	12	21	4	----
14	Sol	40 + N*	----	----	----	----	----	----	----	17	23	88*
	Sombra	40 + N*	----	----	----	----	----	----	4	14	22	81*
15	Sol	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	#	154*
	Sombra	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	#	266*
16	Sol	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	----	26*
	Sombra	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	----	19*

não avaliado; N* rainhas emergentes

Tabela 4. Porcentagem de indivíduos em cada estágio do desenvolvimento ontogenético de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) em colônias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.

Dia	Tratamento	N amostral	Estágios do desenvolvimento ontogenético									Adulto
			Ovo	Larva		Pre-pupa	Pupa					
				Cel. aberta	Cel. operculada		Olho branco	Olho rosa	Olho marrom	Corpo marrom	Marrom escuro	
1	Sol	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
2	Sol	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
3	Sol	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	30	100	----	----	----	----	----	----	----	----	
4	Sol	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
5	Sol	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
6	Sol	39	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
7	Sol	40	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	39	----	100	----	----	----	----	----	----	----	
8	Sol	40	----	53	48	----	----	----	----	----	----	
	Sombra	40	----	55	45	----	----	----	----	----	----	
9	Sol	40	----	----	38	63	----	----	----	----	----	
	Sombra	40	----	----	28	73	----	----	----	----	----	
10	Sol	40	----	----	----	40	53	8	----	----	----	
	Sombra	38	----	----	2,6	42,1	50	5	----	----	----	
11	Sol	40	----	----	----	----	35	65	----	----	----	
	Sombra	40	----	----	----	----	42,5	57,5	----	----	----	
12	Sol	38	----	----	----	----	----	13,16	81,58	5,26	----	
	Sombra	39	----	----	----	----	----	5,13	84,62	10,26	----	
13	Sol	40	----	----	----	----	----	----	32,5	50	17,5	
	Sombra	40	----	----	----	----	----	7,5	30	52,5	10	
14	Sol	40 + N*	----	----	----	----	----	----	----	43	58	32,84*
	Sombra	40 + N*	----	----	----	----	----	----	10	35	55	22,13*
15	Sol	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	#	57,46*
	Sombra	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	#	72,67*
16	Sol	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	----	9,70*
	Sombra	N*	----	----	----	----	----	----	----	----	----	5,19*

não avaliado; N* rainhas emergentes

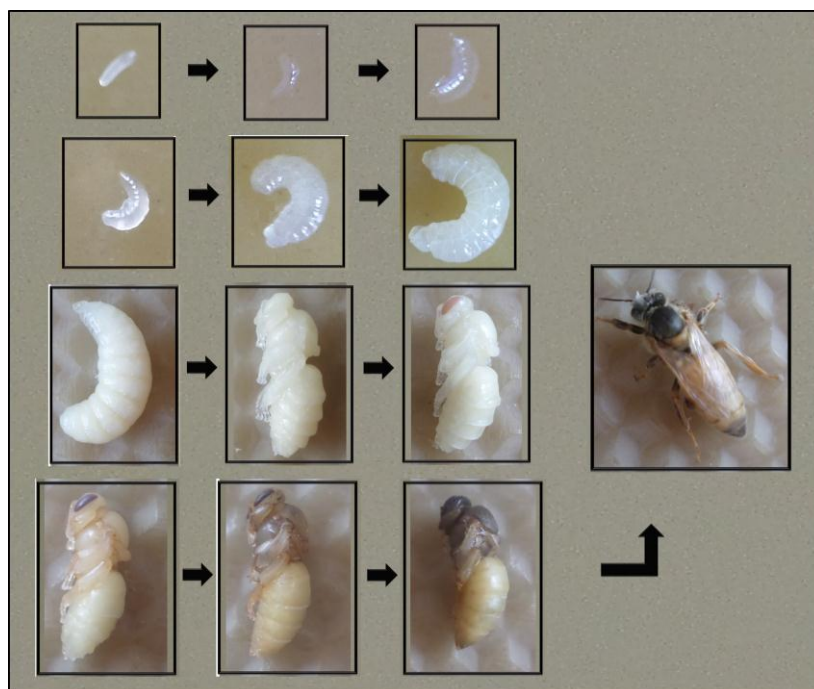


Figura 17. Desenvolvimento ontogenético de abelhas rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) de ovo até a emergência.

5.3 Percentual de emergência

Do total de 396 realeiras provenientes de colônias em condições de sombreamento e 302 realeiras a partir de colônias expostas ao sol, obteve-se respectivamente, 366 e 268 rainhas emergidas em cada tratamento, correspondendo a taxas de sucesso de transferência de $92,07 \pm 5,26\%$ para rainhas criadas em condições de sombra e $86,48 \pm 10,08\%$ para rainhas criadas em colmeias sob condições exposição ao sol (Figura 18 e Tabela 5).

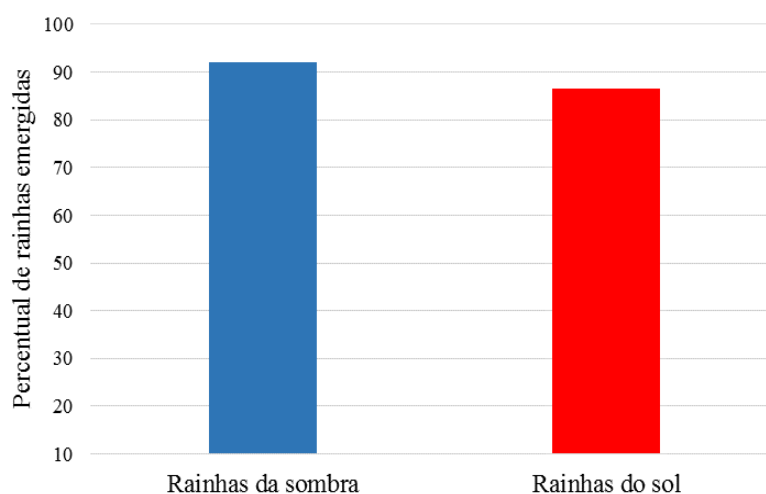


Figura 18. Rainhas *Apis mellifera* emergidas em estufa (criadas em colmeias no sol e na sombra). As médias não diferem estatisticamente entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Embora tenha ocorrido uma leve diferença na porcentagem de emergência entre as rainhas dos dois grupos analisados, esses resultados não foram estatisticamente significante ($P = 0,0828$) pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, conforme foi constatado anteriormente, as rainhas desenvolvidas sob condições de sombra apresentaram-se maiores e mais pesadas na emergência.

Tabela 5. Emergência em estufa de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) desenvolvidas em colmeias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.

Realeiras desenvolvidas na sombra			Realeiras desenvolvidas no sol		
Realeiras na estufa	Rainhas emergidas	%	Realeiras na estufa	Rainhas emergidas	%
25	23	92	19	15	78,95
26	25	96,15	17	12	70,59
52	48	92,31	46	41	89,13
38	35	92,11	50	44	88
12	11	91,67	10	7	70
16	13	81,25	11	10	90,91
17	17	100	9	8	88,89
45	44	97,78	28	28	100
49	47	95,92	45	42	93,33
26	24	92,31	19	18	94,74
10	9	90	17	13	76,47
15	14	93,33	31	30	96,77
27	25	92,59	---	---	---
38	31	81,58	---	---	---

5.4 Longevidade das rainhas

A longevidade das rainhas africanizadas (183 ± 46 dias para as rainhas sob o sol e 215 ± 29 dias para as rainhas na sombra) foi afetada pelas diferentes condições experimentais estudadas, embora o Teste T-Student não tenha detectado diferença estatisticamente significante entre as médias ($P = 0,270$). Face as condições climáticas precárias registradas no período de experimento (altas temperaturas e falta de chuva), variáveis que interferem no desenvolvimento das colônias, principalmente deficiência alimentar devido à estiagem, ocorreram enxameações por abandono e substituições espontâneas de rainhas em ambos os grupos estudados. Devido a esses fatores, consideramos muito pequeno o número de repetições realizadas para se comparar a longevidade das rainhas. No entanto, vale ressaltar, que os dados obtidos (6 a 7 meses) ainda são parciais, uma vez que 3 rainhas permanecem

vivas (2 rainhas no grupo submetido a sombra e uma rainha no grupo submetido ao sol), podendo haver alterações significativas nas médias de longevidade.

A Tabela 6 mostra o tempo de vida encontrado neste trabalho, determinado quando ocorreu o desaparecimento de cada rainha (exceto das vivas). As mortes não foram observadas diretamente, contudo, através de visitas ao apiário e das revisões quinzenais, foi possível registrar a causa do desaparecimento.

Tabela 6. Longevidade e causas do desaparecimento de rainhas africanizadas em colônias sob condições de sol e sombra no Semiárido da Caatinga.

Tratamento	Colônia	Longevidade (dias)	Causa do desaparecimento
Sol	1	186	Substituição espontânea
	2	186	Substituição espontânea
	3	193	Enxameação por abandono
	4	111	Substituição precoce
	5	240	Rainha viva
Média ± D. padrão		183 ± 46^{ns}	
Sombra	6	240	Rainha viva
	7	182	Enxameação por abandono
	8	240	Rainha viva
	9	77 [#]	Ataque de formigas
	10	199	Substituição espontânea
Média ± D. padrão		215 ± 29^{ns}	

^{ns} Média não significativa pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

[#] Devido ao ataque de formigas à colônia 4, causando seu extermínio, a longevidade da rainha não foi usada para obtenção da média final.

Constatou-se que as substituições naturais ou espontâneas foram iniciadas por volta do 4º mês (colônia 4), porém a maior incidência ocorreu no 6º mês (colônias 1, 2 e 10). A morte ou substituição espontânea da rainha na colônia 4 (no sol), não teve causa clara, uma vez que ocorreu muito precocemente em relação as demais na mesma condição experimental. Em todo o período avaliado não foram detectadas ocorrências de enxameações reprodutivas. Já as enxameações por abandono, ocorreram em duas colônias (3 e 7, ambas com 6 meses de vida). No caso da colônia 3, a rainha morreu pela tentativa de enxameação, uma vez que só foi possível perceber o ocorrido por volta de 2 dias seguintes e, como a rainha era impossibilitada de voar (tinha uma das asas cortada), provavelmente foi abandonada pelas operárias. Com relação a rainha da colônia 7, foi possível encontrar e resgata-la logo após a enxameação. Ela

estava acompanhada com o enxame num pedaço de madeira, então foi devolvida imediatamente à colmeia, porém 2 semanas após este episódio, enxameou novamente.

5.5 Desenvolvimento das colônias

As colônias em área sombreada apresentaram no geral, melhor desempenho. Nas Figuras 19 a 23, são mostradas as médias em porcentagem de cada variável avaliada (mel, pólen, cria aberta, cria operculada e ovo) nas colônias em todas as coletas durante o período de agosto a dezembro de 2014.

Como as avaliações das colônias eram encerradas após a morte das rainhas, o número de colmeias utilizadas em cada coleta variou no decorrer do trabalho, sendo que o experimento começou com 10 colônias em análise, enquanto a partir de janeiro/2015, as coletas foram realizadas com apenas 3 colônias (uma no sol e duas na sombra), as quais ainda estão atualmente em avaliação até que suas rainhas sejam substituídas. Assim, os dados referentes ao mapeamento dos quadros a partir de janeiro/2015 foram excluídos das análises estatísticas, uma vez que o número de colmeias restantes não foi suficiente para isso.

Na Tabela 7, são mostrados os resultados das análises estatísticas ao nível de 5% de probabilidade de erro para a comparação das médias gerais dos parâmetros de desenvolvimento das colônias (área ocupada com alimento, cria e oviposição nas colônias dos dois tratamentos). A fim de averiguar diferenças entre os grupos para cada mês de avaliação (média das duas coletas mensais), também foi realizada uma análise estatística ao nível de 5% de probabilidade. Para tanto, a produção do período de agosto/2014 (quando as coletas foram iniciadas) a dezembro/2014 foi comparada (Tabela 8).

Tabela 7. Porcentagem de área ocupada com mel, pólen, cria aberta, cria operculada e postura de ovos em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga.

Variável	Porcentagem de área ocupada – Média $\pm$ Desvio padrão	
	Colmeias no sol	Colmeias na sombra
Mel	13,27 $\pm$ 6,67 a	12,57 $\pm$ 6,20 a
Pólen	8,93 $\pm$ 6,10 a	7,73 $\pm$ 5,48 a
Cria Aberta	8,77 $\pm$ 4,45 a	9,39 $\pm$ 4,90 a
Cria Operculada	12,32 $\pm$ 5,35 a	13,63 $\pm$ 7,63 a
Ovo	6,94 $\pm$ 3,82 a	7,39 $\pm$ 4,59 a

Médias seguidas das mesmas letras (nas linhas) não diferem estatisticamente entre si pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade.

Variável Mel

O percentual de área ocupada com mel foi maior no mês de agosto e no início de setembro/2014, posteriormente houve uma redução desta variável até o mês de novembro, tendo um pequeno aumento em dezembro/2014 (Figura 19). As análises estatísticas não detectaram diferença significativa ($P > 0,05$) para a comparação das médias gerais de área ocupada com mel nas colônias entre os dois grupos estudados, entretanto, nas colônias expostas ao sol, a área ocupada com mel foi levemente superior ($13,27 \pm 6,67\%$) em relação às colônias em área sombreada ($12,57 \pm 6,20\%$) (Tabela 7).

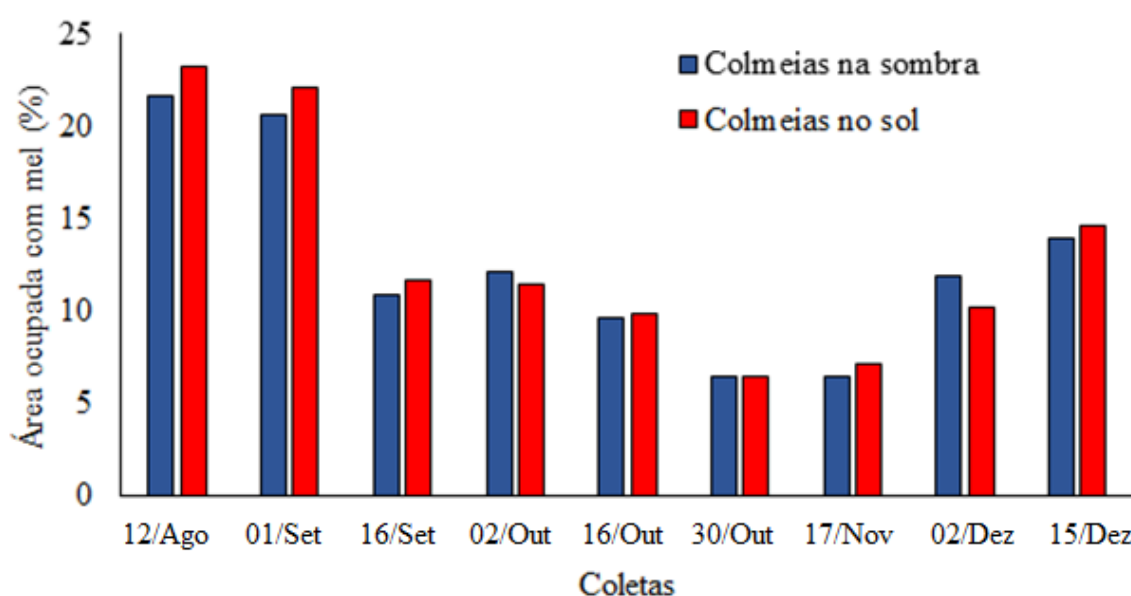


Figura 19. Médias do percentual de área ocupada com mel em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.

A comparação de área ocupada com mel realizada entre os dois tratamentos, para cada mês, mostrou que a capacidade no armazenamento de mel no ninho foi estatisticamente semelhante nas colônias mantidas no sol e na sombra ($P > 0,05$). Porém, o estoque de mel foi reduzido significativamente ao longo dos meses, tanto nas colônias expostas ao sol ($P < 0,0001$) quanto nas colônias em área sombreada ($P = 0,0002$) (Tabela 8).

Variável Pólen

A média geral para o percentual de área ocupada com pólen foi de $8,93 \pm 6,10\%$ em colmeias expostas ao sol e $7,73 \pm 5,48\%$ em colmeias sob condições de sombreamento, sendo

que não houve diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) (Tabela 7). Observou-se que o percentual de área ocupada com pólen reduziu ao longo do período avaliado e, em ambos os grupos o pico foi no início de setembro/2014, enquanto as menores médias foram obtidas no fim de dezembro/2014 (Figura 20).

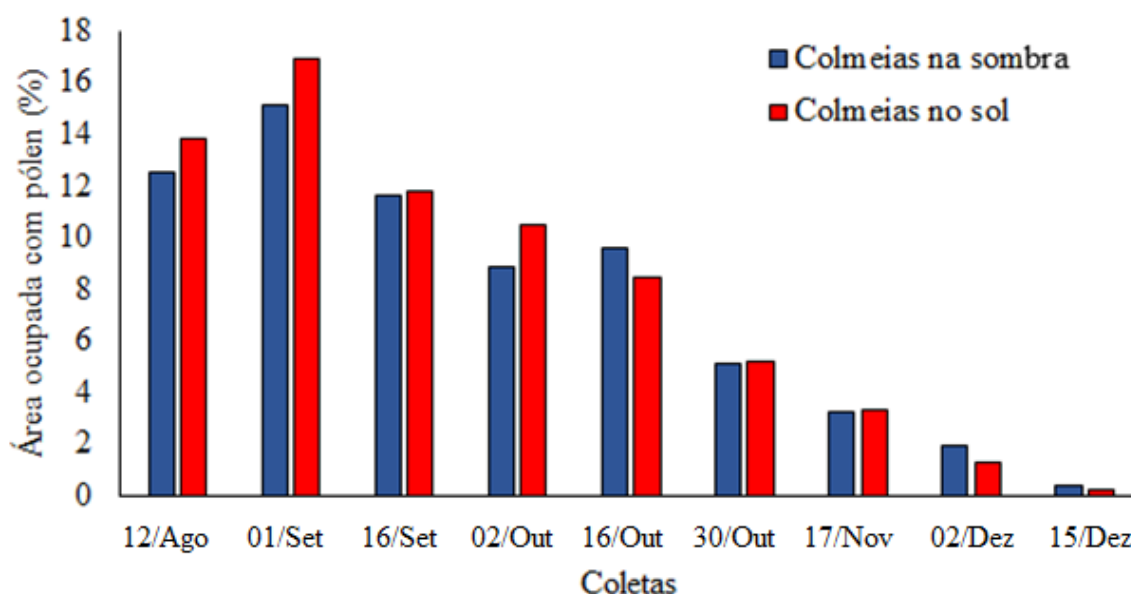


Figura 20. Médias do percentual de área ocupada com pólen em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.

As médias de armazenamento de pólen nas colônias para cada mês, não foram diferentes significativamente entre os dois tratamentos ($P > 0,05$), mas tanto nas colmeias expostas ao sol quanto nas colmeias em sombreamento, o percentual de área ocupada com pólen apresentou redução significativa durante o período avaliado (sol, $P = 0,0001$ e sombra, $P < 0,0001$) (Tabela 8).

Variável cria aberta

As médias gerais para o percentual de área ocupada com cria aberta não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$), tendo sido registrado $8,77 \pm 4,45\%$ em colmeias expostas diretamente ao sol e $9,39 \pm 4,90\%$ em colmeias sob condições de sombreamento (Tabela 7). Nas colônias instaladas na sombra, houve na segunda coleta de setembro/2014, uma média superior da área de cria aberta em relação às colônias instaladas

no sol (Figura 21), embora as análises estatísticas, para esse mês, que leva em consideração as médias das duas coletas, não tenham detectado diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos (Tabela 8). Para ambos os grupos, a menor presença de cria aberta foi observada em dezembro/2014 (Figura 21).

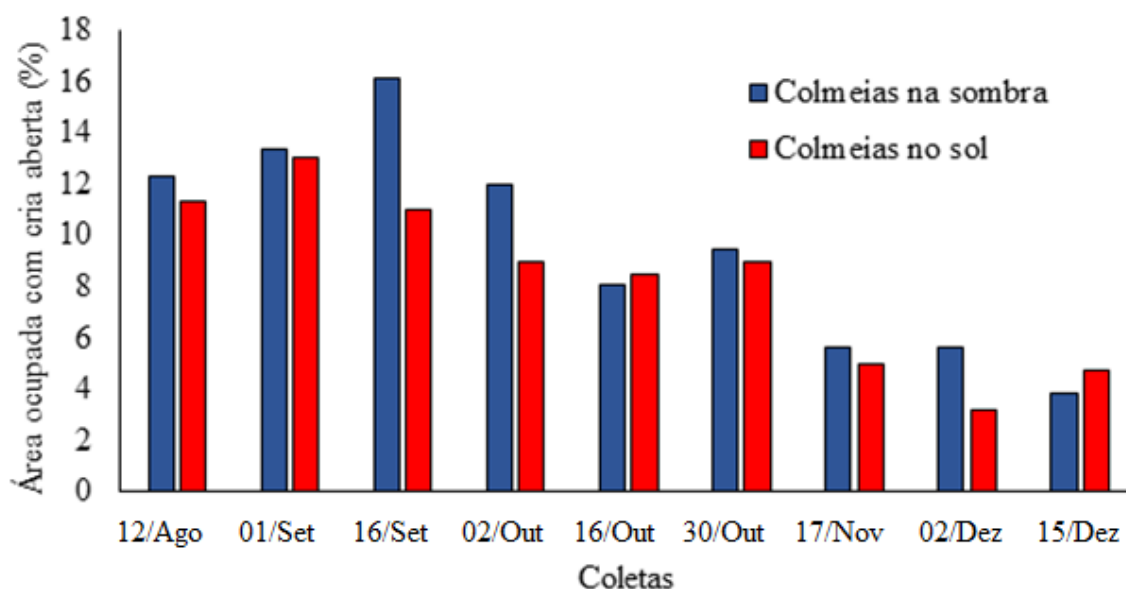


Figura 21. Médias do percentual de área ocupada com cria aberta em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.

Ao longo dos meses, tanto as colmeias no sol quanto as colmeias em sombreamento apresentaram queda acentuada na presença de cria aberta, sendo estatisticamente significativa (sol, $P = 0,0046$ e sombra, $P = 0,0018$) (Tabela 8).

Variável cria operculada

A média geral para o percentual de área ocupada com cria operculada foi de $12,32 \pm 5,35\%$ em colmeias expostas ao sol, sendo igual estatisticamente ($P > 0,05$) ao percentual obtido nas colônias em condições de sombreamento, com $13,63 \pm 7,63\%$ (Tabela 7). Para ambos os tratamentos, a maior presença de cria operculada foi observada até o início de outubro/2014, sendo que a partir deste mês, houve declínio desta variável (Figura 22).

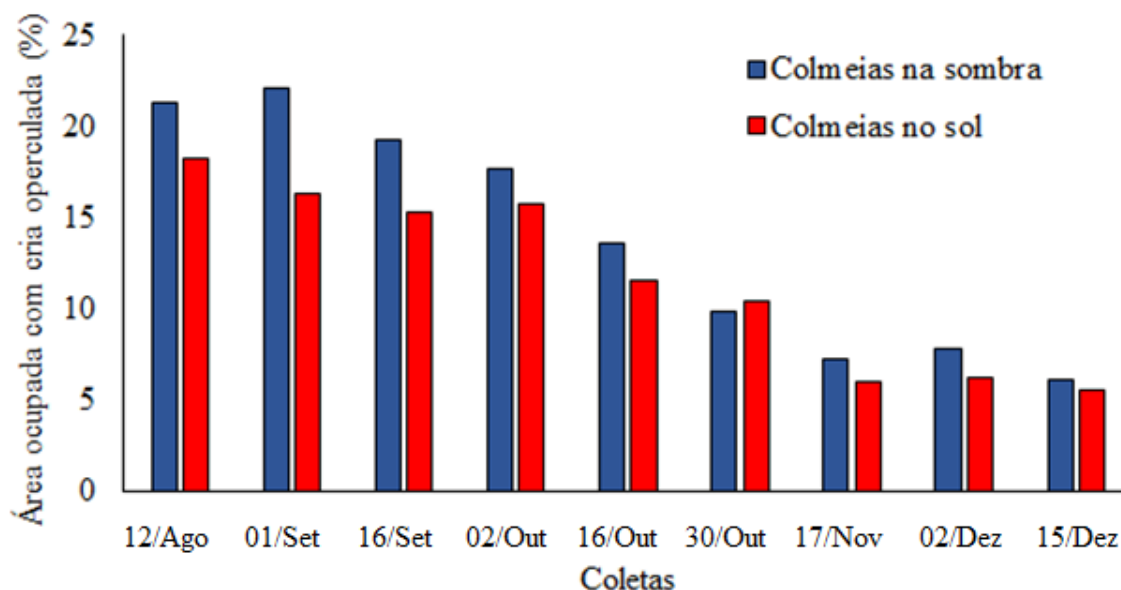


Figura 22. Médias do percentual de área ocupada com cria operculada em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.

No mês de setembro, verificou-se que as condições de sombreamento proporcionaram nas colônias, maiores percentuais de área ocupada com cria operculada ($20,66 \pm 3,81$) em relação às colônias expostas a radiação direta do sol ($15,76 \pm 2,62$), com diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade de erro ($P = 0,0106$), enquanto nos demais meses de avaliação não houve diferença com significância estatística ($P > 0,05$). A porcentagem de área ocupada com cria operculada foi reduzida significativamente ao longo dos meses avaliados, tanto nas colônias em área sombreada ($P = 0,0011$) quanto nas colônias expostas ao sol ($P < 0,0001$) (Tabela 8).

Variável postura

A porcentagem de área ocupada com ovo não apresentou diferença estatística entre as médias gerais dos dois grupos ($P > 0,05$), sendo registrado $6,94 \pm 3,82\%$ para colônias em exposição ao sol e $7,39 \pm 4,59\%$ em colônias sob área sombreada (Tabela 7). Os maiores percentuais de área ocupada com ovo ocorreram nas coletas realizadas até o início de outubro/2014, sendo que a partir desse mês, houve queda nas posturas das rainhas de ambos os tratamentos (Figura 23).

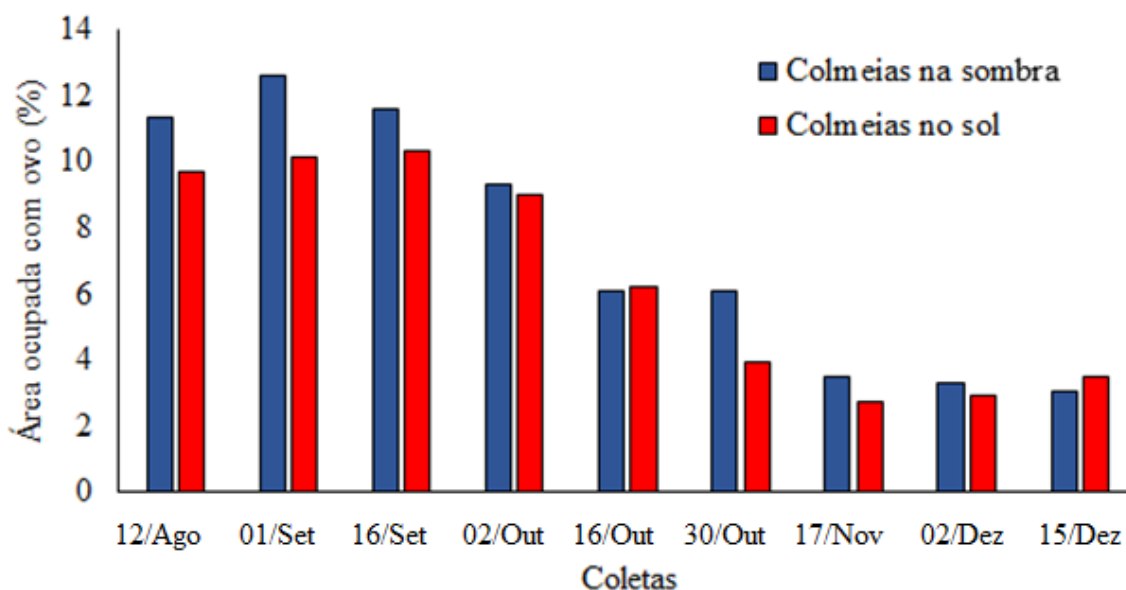


Figura 23. Médias do percentual de área ocupada com ovo em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) sob condições de sol e sombra no semiárido da Caatinga durante o período de agosto a dezembro de 2014.

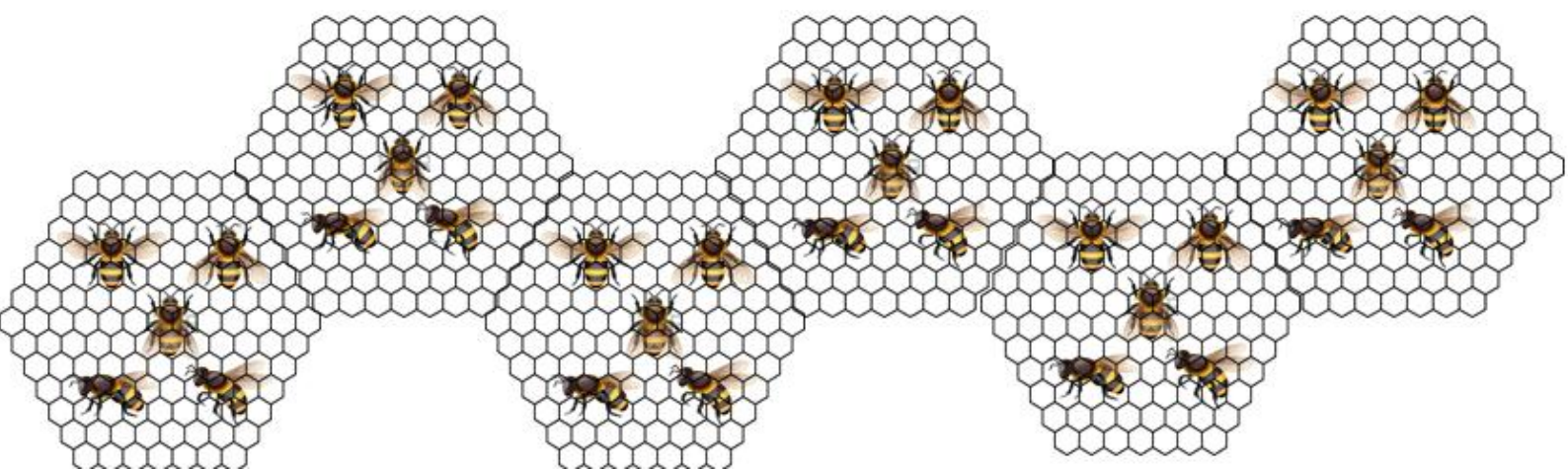
Nos meses avaliados, as médias do percentual de áreas de oviposição em colônias sob condições de sol não apresentaram diferença estatística em relação as colônias sob área sombreada ($P > 0,05$). Porém, assim como as demais variáveis, a porcentagem de área ocupada com ovo apresentou redução ao longo dos meses, tanto em colmeias no sol quanto em colmeias sob condições de sombreamento, sendo estatisticamente significante (sol, $P = 0,0003$ e sombra, $P = 0,0051$) (Tabela 8).

Tabela 8. Comparação entre os meses (colunas) e entre os tratamentos sol e sombra (linhas) quanto ao percentual de área ocupada com mel, pólen, cria aberta, cria operculada e postura de ovos em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) no semiárido da Caatinga.

Mês	Porcentagem de área ocupada – Média ± Desvio padrão			
	Colmeias no sol		Colmeias na sombra	
Mel				
08/2014	23,22 ± 2,66	aA	21,68 ± 6,09	aA
09/2014	16,84 ± 1,41	aB	15,70 ± 2,73	aAB
10/2014	10,63 ± 1,36	aC	10,85 ± 2,14	aBC
11/2014	6,78 ± 1,45	aC	6,47 ± 1,49	aC
12/2014	11,25 ± 2,44	aC	12,68 ± 2,71	aBC
Pólen				
08/2014	13,87 ± 4,09	aA	12,56 ± 2,61	aA
09/2014	14,35 ± 3,54	aA	13,40 ± 2,35	aA
10/2014	9,49 ± 3,06	aAB	9,23 ± 2,04	aA
11/2014	4,32 ± 2,35	aBC	4,18 ± 1,71	aB
12/2014	0,93 ± 0,56	aC	1,49 ± 0,81	aB
Cria Aberta				
08/2014	11,73 ± 3,86	aA	12,31 ± 3,77	aAB
09/2014	12,01 ± 2,78	aA	12,72 ± 3,60	aA
10/2014	8,69 ± 1,71	aAB	10,04 ± 2,01	aABC
11/2014	6,99 ± 0,94	aAB	7,53 ± 2,51	aBC
12/2014	3,54 ± 2,35	aB	4,89 ± 1,28	aC
Cria Operculada				
08/2014	18,16 ± 3,41	aA	21,29 ± 7,88	aA
09/2014	15,76 ± 2,62	bA	20,66 ± 3,81	aA
10/2014	13,59 ± 1,78	aAB	16,15 ± 1,57	aAB
11/2014	8,39 ± 1,80	aBC	8,72 ± 2,16	aB
12/2014	6,08 ± 3,09	aC	7,12 ± 2,46	aB
Ovo				
08/2014	9,67 ± 3,15	aA	11,33 ± 4,58	aAB
09/2014	10,23 ± 2,66	aA	12,11 ± 3,42	aA
10/2014	7,62 ± 1,04	aAB	7,70 ± 2,34	aABC
11/2014	3,26 ± 1,17	aB	4,85 ± 2,39	aBC
12/2014	3,04 ± 1,67	aB	3,18 ± 1,02	aC
n Amostral				
08/2014	5 [#]		5 [#]	
09/2014	5 [#]		4 [#]	
10/2014	4 [#]		4 [#]	
11/2014	4 [#]		4 [#]	
12/2014	4 [*] 1 ^{**}		3 [#]	

[#] n amostral de colmeias referentes a primeira e segunda coleta do mês; ^{*} n da primeira coleta do mês; ^{**} n da segunda coleta do mês.

Média seguida da mesma letra minúscula (nas linhas) e maiúscula (nas colunas) não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade.



DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho mostraram que o clima hostil do Semiárido nordestino é um fator preocupante e, portanto, merece a atenção do apicultor que objetiva alcançar sucesso dentro da atividade apícola. O estresse térmico causado pelas altas temperaturas limitou o desempenho das colônias de abelhas africanizadas (*A. mellifera*), provavelmente devido à dificuldade na termorregulação. Porém, com o manejo de sombreamento foi possível melhorar a produção e performance de abelhas rainhas, bem como a produtividade das colônias.

6.1 Taxa de aceitação das larvas transferidas

Apesar das condições ambientais adversas, é possível realizar a produção de rainhas na região semiárida do Brasil, devendo ser recomendada essa prática para os apicultores, desde que adotem técnicas corretas de produção, aconselhando-se a instalação das colônias à sombra.

O sucesso no método de produção de rainhas pode estar relacionado a vários fatores, dentre eles, bons percentuais de aceitação das larvas, que por sua vez, são dependentes do estado interno da colônia e da sua população, das condições climáticas, fluxo de néctar e pólen, número de larvas transferidas, época do ano, entre outros (TOLEDO, 1997; GARCIA & NOGUEIRA-COUTO, 2005).

Em regiões de clima quente, como o Semiárido brasileiro, as condições climáticas exigem das abelhas um maior esforço para a termorregulação das colônias, por isso, as colmeias expostas ao sol podem influenciar negativamente a porcentagem de aceitação das larvas e o sucesso nas transferências. Seeley (2006) afirma que o processo de resfriamento geralmente começa quando a temperatura do ninho atinge 36°C, temperatura alcançada facilmente nas condições semiáridas do Nordeste (ALMEIDA, 2008).

Neste trabalho, os resultados apontam para uma superior taxa de aceitação de larvas em colmeias mantidas sob condições de sombreamento ($68,82 \pm 17,03\%$) comparada com a taxa de aceitação de larvas em colmeias mantidas sob ação direta do sol ($52,13 \pm 16,29\%$), com diferença estatisticamente significativa ao nível de 5% de probabilidade. Isso ocorre porque

em condições ambientais amenas (sombreamento), as abelhas conseguem manter a homeostase da colônia com mais facilidade e precisão (ALMEIDA, 2008; LOPES *et al.*, 2011), proporcionando uma regulação adequada para o desenvolvimento das rainhas. O fato da população manter o conforto térmico mais facilmente, significa que uma menor quantidade de abelhas estará empenhada na função termorregulatória, permitindo assim que a colônia tenha maior disponibilidade de operárias para desempenhar outras tarefas, como o cuidado com as crias.

Mesmo na região semiárida, os resultados do presente trabalho confirmam que a produção de rainhas apresenta-se viável no Nordeste brasileiro, sendo que os percentuais obtidos de aceitação das larvas transferidas foram superiores aos relatados por outros autores que trabalharam com abelhas africanizadas (GARCIA *et al.*, 2000; QUEIROZ *et al.*, 2001; MOURO & TOLEDO, 2004; GARCIA & NOGUEIRA-COUTO, 2005; TOLEDO & MOURO, 2005; ALBARRACÍN, 2006; TOLEDO *et al.*, 2010) e inferiores e/ou semelhantes aos resultados obtidos por Medeiros *et al.* (2011) e Pereira *et al.* (2013).

O método Doolittle (1899) de produção de rainhas vem sendo cada vez mais utilizado na região Nordeste com abelhas africanizadas, principalmente em atividades de pesquisa (QUEIROZ *et al.* 2001; MEDEIROS, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2011; PAIVA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2013), fato que, aliado a divulgação adequada, poderá ser um estímulo para que os apicultores conscientizem-se da importância da utilização desta prática em seus apiários.

6.2 Desenvolvimento ontogenético

Os resultados mostraram que o desenvolvimento ontogenético das rainhas também é afetado pelas condições ambientais do semiárido. Indivíduos que se desenvolvem em colônias sob sombreamento ganham mais peso do que indivíduos em colônias expostas ao sol, acarretando em rainhas maiores e mais pesadas na emergência (Figura 16). Para a apicultura, esta diferença pode ter implicações econômicas de bastante interesse para os produtores, uma vez que rainhas de maior peso corporal ao nascerem possuem maior espermateca, estocam mais espermatozoides e apresentam maior longevidade (BOCH & JAMIELSON, 1960; WOYKE, 1971), características fenotípicas de qualidade que melhoram o potencial de desenvolvimento das colônias de *A. mellifera*.

Para o correto desenvolvimento das crias, as abelhas precisam manter um rigoroso controle da temperatura no ninho, mantendo em média 34,5°C (SIMPSON, 1961; FAHRENHOLZ *et al.*, 1992; BUJOK *et al.*, 2002; KLEINHENZ *et al.*, 2003). No entanto, as condições adversas do semiárido provavelmente têm dificultado a termorregulação e afetado o desenvolvimento ontogenético das rainhas. Lopes *et al.* (2011) encontraram em colmeias expostas ao sol no Nordeste brasileiro, temperaturas internas acima de 39°C. As temperaturas altas, além de requererem um extremo esforço da colônia para realizar o resfriamento do ninho, podem levar a vários problemas fisiológicos nos indivíduos (WINSTON, 1987), a exemplo da redução no ganho de peso, como observado no presente trabalho.

O apicultor deve estar atento ao peso das rainhas produzidas, o qual poderá determinar o desempenho durante a vida útil destes insetos. Embora alguns autores não tenham achado uma correlação significativa entre o peso após a emergência e o potencial reprodutivo da rainha (CORBELLA, 1981; CORBELLA & GONÇALVES, 1982; MORINI & BUENO, 1993; HATCH *et al.*, 1999), vários outros autores encontraram esta relação e afirmaram que o maior peso da rainha na emergência está correlacionado com maior frequência de acasalamento (DELANEY *et al.*, 2010; TARPY *et al.*, 2011), maior peso dos ovários (DEDEJ *et al.*, 1998; HATCH *et al.*, 1999; GILLEY *et al.*, 2003), maior número de ovariolos (HOOPINGARNER & FARRAR, 1959; JACKSON *et al.*, 2011), maior volume da espermateca e portanto, maior capacidade de armazenamento de espermatozoides (BOCH & JAMIELSON, 1960; WOYKE, 1971; KAHYA *et al.*, 2008; TARPY *et al.*, 2011) e longevidade superior (DE SOUZA *et al.*, 2013). Todavia, para rainhas fecundadas esta correlação é conflitante, uma vez que Nelson & Gary (1983) encontraram correlação positiva entre o peso da rainha fecundada e a produção de mel, enquanto, para Szabo e Lefkovitch (1988) o peso da rainha fecundada não foi relacionado linearmente com esta característica.

No presente trabalho, o maior peso de rainhas que se desenvolveram em colmeias sob sombreamento pode ter ocorrido devido não somente às condições de maior conforto térmico durante seu ciclo evolutivo, como também, devido a possibilidade de que as larvas podem ter sido melhor alimentadas pelas abelhas nutrizas. A geleia real é a alimentação exclusiva da rainha e muito importante para o correto desenvolvimento desta, assim, tanto a quantidade quanto a qualidade é primordial para o seu desempenho no crescimento, de modo que variações no fornecimento de geleia real pelas nutrizas determinarão diferenças no peso corporal das rainhas. Le Conte *et al.* (1995), estudando o efeito do feromônio das crias na

deposição de geleia real, afirmaram que larvas mais pesadas poderiam receber geleia de qualidade superior.

O alimento fornecido com diferenciação nutricional também pode causar variações na expectativa de vida das abelhas, como sugerem Li *et al.* (2014). Estes autores relataram que os teores maiores de proteína na dieta larval provocaram aumento dos níveis de RNAs mensageiros para os genes que codificam enzimas antioxidantes em abelhas, e que este conteúdo proteico adicional influencia positivamente na longevidade de operárias. Li *et al.* (2014) então propuseram que isto ocorre provavelmente devido ao acréscimo da expressão de genes relacionados com ação antioxidante.

A quantidade de geleia real fornecida às rainhas durante o desenvolvimento pode estar correlacionada com a taxa de aceitação das larvas (ALBARRACÍN *et al.*, 2006). Como relatado no subitem 6.1, as colônias sob latada apresentaram maior taxa de aceitação, assim, as larvas aceitas podem ter sido mais bem alimentadas, gerando rainhas mais pesadas.

Albarracín *et al.* (2006) trabalhando com abelhas *A. mellifera* italianas e africanizadas, encontraram coeficientes de correlação positivos e altamente significativos entre a porcentagem de aceitação das larvas e a produção da geleia real, a porcentagem de aceitação e peso da larva e a produção da geleia real por realeira e o peso da larva. Resultados semelhantes também foram obtidos por Duran (1991) e Garcia (1992), podendo-se afirmar que quanto maior é a porcentagem de aceitação, maior será a produção de geleia real e maior o peso da larva aceita, o que proporcionará rainhas com maior peso ao nascimento.

Quanto ao tempo de desenvolvimento, não foi observado uma aceleração do ciclo das rainhas criadas em colmeias no sol, como era esperado para este grupo. Se o desenvolvimento for avaliado em diferentes épocas do ano sob as condições locais, talvez mais alterações sejam detectadas. Na literatura, alguns trabalhos mostram que a duração do desenvolvimento das rainhas (ovo a adulto) é extremamente influenciada pelas condições ambientais. Silva (1993) afirma que a duração do desenvolvimento das rainhas apresenta variação ao longo do ano. Este autor verificou nas condições de Pindamonhangaba-SP, que nos meses de janeiro, fevereiro, março, maio, novembro e dezembro, mais de 70% das rainhas emergidas tiveram duração do período de ovo a adulto de 15 dias, enquanto em abril e julho, menos de 40% delas tiveram esta duração e, em janeiro e fevereiro, nenhuma rainha demorou 17 dias para emergir, já nos meses de abril e julho, mais de 50% delas emergiram com 17 dias.

Para mostrar que estas variações observadas foram ocasionadas principalmente pelas mudanças nas condições ambientais, Silva (1993) avaliou a correlação entre os valores das variáveis meteorológicas do período estudado e a frequência relativa de emergência das rainhas e encontrou que a elevação da temperatura ambiental e do índice pluviométrico acelerou o desenvolvimento das mesmas, favorecendo a ocorrência de emergências precoces.

Nunes-Silva *et al.* (2006), avaliaram por 2 anos o período de ovo a adulto de abelhas africanizadas em Ribeirão Preto-SP e encontraram que a emergência das rainhas variou entre 15 e 16 dias, sendo a maior frequência aos 15 dias, resultados confirmados no presente trabalho. Fletcher (1978) relatou que a duração deste ciclo para rainhas de raça africana (*Apis mellifera adansonii*) na África, varia de 14 a 15 dias. Severson e Ericson Jr. (1989), ao longo de 3 anos de estudo em Madison, WI, EUA, encontraram maior estabilidade das taxas de emergências de rainhas no verão do que na primavera.

As condições ambientais também podem causar variações no peso das rainhas produzidas ao longo do ano. Pereira *et al.* (2013) avaliou em condições semiáridas, o peso de rainhas após a emergência e constatou que nos meses de junho e julho as rainhas emergentes apresentaram peso médio superior estatisticamente ao obtido nos meses de agosto e setembro.

Considerando que o maior peso pós-emergência refletirá em rainhas com maior número de ovários, volume da espermateca e, conseqüentemente, maior capacidade de postura e vida útil, a produção de rainhas em colmeias sob área sombreada no Semiárido, representa uma forma de obter indivíduos com maior potencial reprodutivo. Segundo Halak (2012), características como o peso de rainhas ao nascimento, comprimento e largura do abdômen são passíveis de serem utilizadas como critério de seleção em um programa de melhoramento genético. Faquinello (2007) associou características morfométricas de rainhas recém-emergidas com a produção de geleia real por colônia e encontrou potencial de seleção para produção, baseado na largura do abdômen.

Tendo em vista a enorme interferência que o clima pode causar no desenvolvimento fisiológico das rainhas, as condições ambientais devem ser consideradas tanto em estudos do comportamento das abelhas como em trabalhos de seleção para o aumento da produtividade (BRANDEBURGO & GONÇALVES, 1989).

6.3 Percentual de emergência

A taxa de sucesso na emergência das rainhas criadas sob as condições experimentais avaliadas neste trabalho, não apresentaram entre os grupos estudados, diferença estatisticamente significativa ($P = 0,0828$) pelo Teste T-Student ao nível de 5% de probabilidade, embora tenha havido um leve aumento no percentual de emergência das rainhas provenientes de colmeias sob área sombreada ($92,07 \pm 5,26\%$), em relação às oriundas de colmeias sob exposição direta ao sol ($86,48 \pm 10,08\%$).

As condições ambientais em que as colmeias são condicionadas determinam o sucesso em todas as etapas do processo de produção de abelhas rainhas. O apicultor deve atentar-se para a melhor época de produção, com maior rendimento, pois ao longo do ano, variações podem ocorrer. Carbonari (2008) observou diferença significativa na taxa de emergência de rainhas africanizadas nas diferentes estações do ano, obtendo sucesso de 100% no inverno, $71,5 \pm 8,42\%$ no outono, 80% na primavera e $82,8 \pm 4,04\%$ no verão. Pereira *et al.* (2013) também encontraram alterações em diferentes períodos, obtendo maiores valores nos meses de maio a julho do que em agosto e setembro.

Embora exista a interferência dos fatores ambientais, os resultados encontrados aqui para rainhas criadas em colmeias sob condições de sol e sombra foram iguais estatisticamente, provavelmente essa diferença numérica observada seja resultante de variações ao acaso. Como foi discutido no presente trabalho, a exposição das colmeias ao sol afetou a taxa de aceitação das larvas (subitem 5.1) e reduziu o ganho de peso das rainhas aceitas (subitem 5.2), entretanto, através da metodologia utilizada, não foi possível detectar influência dos tratamentos testados no percentual de emergência.

Técnicas que permitem a emergência de rainhas na própria colmeia, como o uso de gaiolas em volta da realeira, contendo a rainha após o nascimento, possivelmente sejam mais adequadas para avaliar os efeitos da exposição de colmeias ao sol e sob área sombreada. Isso porque o ciclo evolutivo termina ainda na colônia, ou seja, as rainhas emergem nas mesmas condições em que se desenvolveram, diferentemente do nosso experimento em que as rainhas emergem dentro de vidros na estufa.

Para o apicultor que deseja produzir rainhas, o uso da estufa nem sempre é viável devido à falta de recursos, principalmente quando se trata de um pequeno produtor ou iniciante na atividade. Dessa forma, a opção de usar a colmeia também como terminadora do

processo de produção de rainhas pode ser uma boa alternativa. Entretanto, para trabalhos de pesquisa científica e produção em larga escala, o uso de estufa torna-se mais adequado.

6.4 Longevidade das rainhas

Algumas colônias analisadas continuam com rainhas vivas e reprodutivamente ativas, portanto, os dados são parciais e os resultados não definitivos, uma vez que a longevidade média das rainhas pode ainda ser alterada, sendo necessário novos estudos para uma determinação mais exata da longevidade de rainhas africanizadas em colônias de *A. mellifera* no Semiárido nordestino.

O tempo de vida das rainhas determinado em ambos os tratamentos foi maior nas colônias sob área sombreada, com 215 ± 29 dias, enquanto as rainhas nas colônias sob exposição direta do sol apresentaram 183 ± 46 dias, embora não tenha sido detectada diferença estatisticamente significativa entre as médias ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 6). A principal causa do desaparecimento das rainhas foi substituição natural ($n = 4$), seguida por tentativa de enxameação por abandono ($n = 2$) e por fim, a predação ($n = 1$). No caso da morte ou substituição espontânea ocorrida precocemente com a rainha da colônia 4 (no sol), pode ter sido causada pelo fato da mesma apresentar deficiências físicas ou ter sido mal fecundada.

As enxameações reprodutivas não ocorreram porque as rainhas tinham uma das asas cortadas, desta forma, se uma rainha velha tentasse sair com parte do enxame, ela certamente morreria, como ocorreu nas tentativas de abandono das colmeias. Além disso, conseguiu-se evitar as enxameações reprodutivas porque em todas as visitas *in loco*, realizadas periodicamente (intervalos de 15 dias), foi avaliada a presença de realeiras e, quando detectadas, eram destruídas pelos avaliadores, o que ocorreu em quase todo o período de coleta dos dados. Isso condiz com o relatado por Toledo *et al.* (2012). Estes autores observaram em várias subespécies de *A. mellifera*, que a presença da rainha na colônia, mesmo nova, não inibiu a construção de realeiras, tanto em épocas de abundância de alimento como de escassez, principalmente em abelhas africanizadas, comprovando o hábito enxameatório.

Quanto às enxameações por abandono ($n = 2$), ocorreram no mês de novembro/2014, período seco e com muita escassez de alimento na natureza. Adicionalmente, o abandono

neste período pode ter sido consequência da falta de alimentação de subsistência, a qual foi interrompida de 20/10 a 01/12/2014. Através dos registros da avaliação dos quadros, foi constatado que na última inspeção que antecedeu o abandono, as colônias estavam praticamente sem alimento estocado e sem postura ou cria jovem.

A longevidade foi calculada a partir do nascimento, portanto, nas condições semiáridas da Caatinga, a expectativa de vida das rainhas de abelhas africanizadas foi em torno de 6 a 7 meses, podendo ser aumentada ao adotar o manejo de sombreamento, tornando possível estender o tempo de vida das rainhas desta subespécie e equipará-lo aos resultados encontrados em outras regiões do Brasil. Baseado nisto, um programa de substituição periódica de rainhas não deverá utilizar períodos maiores que este. Silva *et al.* (1991) afirmam que o conhecimento do período adequado para substituição é muito importante, pois devido ao envelhecimento da rainha, que reduz progressivamente o seu desempenho, faz com que ela, mesmo sendo geneticamente “boa” torne-se inadequada para reger a colônia, vindo a morrer naturalmente ou a ser eliminada pelas próprias filhas.

Em clima quente, as colônias de abelhas não passam por períodos de hibernação, durante os quais as rainhas interrompem a postura (KERR *et al.*, 1970; WEAVER, 1979). Ao contrário, a oviposição é contínua, embora possa variar de intensidade, de acordo com os sucessivos fluxos de secreção nectarífera. Portanto, vale salientar que os resultados encontrados neste trabalho não se assemelham aos observados para abelhas de raças europeias sob clima temperado, os quais não condizem com nossa realidade tropical, porém são relatados na maior parte da literatura sobre este tema com *A. mellifera*.

No Brasil, vários autores acharam longevidade de rainhas africanizadas fecundadas naturalmente. Kerr *et al.* (1970) encontraram em Piracicaba-SP, longevidade em torno de 8 meses. Silva *et al.* (1991) relataram tempo médio de permanência nas colmeias superior a 21 meses em Pindamonhangaba-SP. No Paraná, Toledo *et al.* (2012) encontraram em diferentes períodos, longevidade média de rainhas africanizadas variando de 4,6 a 9,0 meses de vida. De Souza *et al.* (2013) relataram longevidade média de até 19 meses em Ribeirão Preto-SP.

Os resultados apresentados no presente trabalho e nas citações acima divergem não só devido à alta variabilidade genética da abelha africanizada, mas também motivados por outros fatores como geográficos, período do ano, condições em que as rainhas foram produzidas e, principalmente, pelos fatores do meio ambiente de cada local do estudo.

Levando em consideração a longevidade de 6 a 7 meses para o manejo de rainhas africanizadas na região semiárida, torna-se portanto, aconselhável que as rainhas sejam produzidas em torno de 2 meses antes dos grandes fluxos de nectar, de forma que as colônias não troquem as rainhas no meio da temporada de alta produtividade. Quando o apicultor deixa que a substituição das rainhas ocorra naturalmente, além de perder o controle sobre a qualidade de suas abelhas e sofrer com maior incidência de problemas com enxameação, ele ainda corre o risco de que suas colônias realizem a produção da nova rainha para substituir a velha, no meio da florada. Isso leva a uma ruptura na estocagem de alimentos, principalmente pela demora na substituição natural.

A técnica de utilização da área sombreada sobre as colmeias no Nordeste brasileiro pode aumentar a longevidade da rainha em atividade e, adicionalmente, pode também ser usada pelo apicultor para produção de rainhas com maior expectativa de vida. Isso é possível porque as rainhas produzidas sob tais condições ganham mais peso durante o desenvolvimento ontogenético, emergindo indivíduos maiores (Figura 16). Como consequência, espera-se que as rainhas maiores e mais pesadas possuam características morfológicas indicadoras do potencial reprodutivo, como maior volume da espermateca, que aumenta a capacidade de armazenamento do sêmem (BOCH & JAMIELSON, 1960; WOYKE, 1971; KAHYA *et al.*, 2008; TARPY *et al.*, 2011). Segundo De Souza *et al.* (2013), rainhas com tais atributos, além de serem mais prolíferas, também vivem mais. Num estudo realizado em Ribeirão Preto-SP, estes autores relataram longevidade média de 19 meses para rainhas pesadas (>200 mg) e apenas 9 meses para rainhas leves (<180 mg).

Este aumento da vida útil das rainhas maiores representa uma enorme diferença na apicultura, incluindo a vantagem de manter a produtividade por mais tempo. Assim, os apicultores devem aperfeiçoar a produção de rainhas mais pesadas, porém, estudos ainda devem ser realizados para investigar com profundidade as características fisiológicas que determinam esta diferença.

6.5 Desenvolvimento das colônias

As colônias em condições de sombreamento tiveram melhor desempenho, principalmente quanto a presença de crias operculadas, que apresentou no mês de setembro/2014, percentual médio de área ocupada de $20,66 \pm 3,81\%$, sendo superior

estatisticamente ($P = 0,0106$) aos observados para colônias em exposição à radiação direta do sol, com apenas $15,76 \pm 2,62\%$. Possivelmente o microclima das colmeias sob latada de cobertura vegetal tenha sido favorecido com maior conforto térmico, em relação ao microclima das colmeias sob exposição ao sol (Tabela 8).

Quanto as áreas de postura e cria aberta, embora não se tenha obtido significância estatística, também foram maiores em colônias na sombra. Já as áreas ocupadas com mel e pólen tiveram valores levemente superiores, nas colônias em condições de sol. Talvez isso tenha ocorrido porque nas colônias do grupo controle (sol), as abelhas tinham mais espaço no ninho para estocagem de mel, enquanto na sombra, a maior área de cria induziam as abelhas à estocarem nas melgueiras. Os quadros das melgueiras não foram mapeados. Com relação a menor área de pólen observada nas colônias em sombreamento, provavelmente foi resultante do maior consumo, uma vez que nestas colônias houve mais áreas de cria em quase todo o período de avaliação, ainda que não tenham apresentado diferença estatística em todos os meses (apenas em setembro).

A maior área de cria em colônias sob latada é um resultado que pode refletir diretamente na expansão do enxame, proporcionando uma população com mais força de trabalho. Dependendo da quantidade de indivíduos e da demanda de atividades na colônia, as operárias podem ser induzidas a exercer outras funções ou prolongar uma fase temporal para determinada tarefa, em um mecanismo de *feedback* que depende de uma complexa rede de estímulos (JOHNSON, 2010). Assim, é possível sugerir que a maior viabilidade da cria foi uma consequência da homeostase social de colônias em sombreamento, que possivelmente apresentaram melhor direcionamento das abelhas para tarefas de alimentação das crias e da rainha. Por sua vez, a rainha bem cuidada e alimentada pelas nutrízes, coloca mais ovos e, conseqüentemente, suas colônias terão maior área de cria, população forte e, portanto, maior produtividade.

Sombra (2013) também avaliou o desenvolvimento de colônias em condições de sol e sombra no Semiárido nordestino. Este autor relatou que o uso de área sombreada melhorou significativamente os parâmetros de desenvolvimento e produção das colônias e concluiu que isso deve ter ocorrido devido à maior economia de tempo e energia das abelhas nos processos termorregulatórios da colmeia. Alencar (2005) e Lopes *et al.* (2011) também encontraram melhor desempenho das colônias em condições de sombreamento, quando comparados com colmeias expostas diretamente ao sol.

Por causa das altas temperaturas na região Semiárida da Caatinga, provavelmente as abelhas necessitam investir muito trabalho de forma coordenada para atingir o controle da temperatura do ninho. Numa colônia de *Apis mellifera*, quando a temperatura interna começa a subir, as abelhas adultas iniciam o controle térmico se dispersando na colmeia, de modo que seja reduzida a produção de calor metabólico e evitada a condução do calor por contato entre os indivíduos. Se isso não for suficiente para controlar a temperatura do ninho, as abelhas geram com o batimento das asas, um sistema de ventilação para trocar o ar quente da colmeia. Além disso, também utilizam o recurso da evaporação, coletando e espalhando água sobre os favos de cera (LINDAUER, 1955; KRONENBERG & HELLER, 1982; SOUTHWICK & MORITZ, 1987). Contudo, todo este processo pode exigir uma demanda muito alta de recurso alimentar para se manter eficiente, e ainda, impedir o recrutamento de grande parte da população para atividades como forrageamento, visto que muitas estarão envolvidas no controle termorregulatório da colônia. Assim, se as condições hostis forem negligenciadas pelo apicultor, irão refletir em prejuízos não apenas no desenvolvimento da colônia, como também na produção apícola.

De acordo com Almeida (2008), quando ocorre a diminuição de fatores externos estressantes, as colônias alcançam o estado de homeostase com maior facilidade. Provavelmente, foi o que ocorreu em colmeias submetidas à condição de sombreamento, explicando assim o seu melhor desempenho. Como o principal fator responsável por provocar a elevação da temperatura das colônias no Nordeste é a forte insolação (Fonte: Estação Meteorológica do CETAPIS/UFERSA), esta pode ser reduzida com o uso de cobertura vegetal, amenizando as condições desfavoráveis do ambiente.

Além de reduzir nas colônias, o estresse induzido por altas temperaturas, o uso de coberturas também pode melhorar a quantidade e qualidade dos produtos apícolas. Manrique & Soares (2002), Lima (2006) e Souza *et al.* (2006) relataram que colmeias mantidas à sombra produzem maior quantidade de própolis. Alencar (2005) observou que o sombreamento no Semiárido proporcionou incremento na área de cria e melhor índice de produtividade das colmeias sob este tratamento. Do mesmo modo, Sombra (2013) relatou estimativas de aumento em 45% na produção de mel para colônias em área sombreada. As características físico-químicas do mel, como o teor de umidade, índice de hidroximetilfurfural (HMF) e reações da invertase e diastase também podem ser afetadas quando produzidos em

colmeias expostas às variáveis ambientais (CRANE, 1983; RODRIGUES *et al.*, 1996; ALENCAR, 2005; LOPES *et al.*, 2011).

Independentemente do tratamento avaliado neste trabalho, foi observado uma forte diminuição da biomassa das colônias, principalmente a partir do mês de outubro/2014, chegando ao pico de redução em dezembro/2014. Este foi o período mais quente do ano e não houve precipitação pluviométrica, período também em que as abelhas investiram na enxameação migratória (mesmo que não tenha conseguido sucesso, devido às rainhas possuírem uma das asas cortadas). Estes achados assemelham-se aos encontrados por Sombra (2013) no mesmo local desse trabalho. Este autor observou que nesse período houve declínio da disponibilidade de florada na natureza e, como consequência, ocorreu o consumo do alimento estocado e redução da postura da rainha e das áreas de cria nos favos, além de aumento no abandono das colmeias.

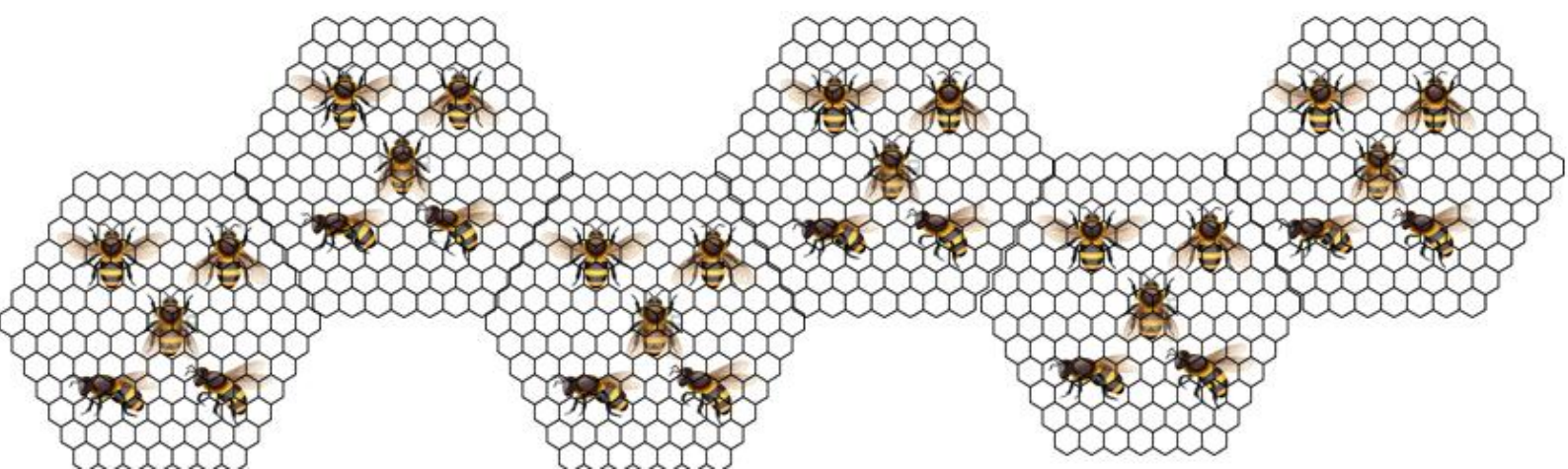
Os resultados do declínio da biomassa nas colônias também foram resultantes do envelhecimento das rainhas. As mesmas foram produzidas no mês de maio/2014, logo, levando em consideração a longevidade de 6 a 7 meses, as rainhas estavam no final de suas vidas quando a produção das colônias caiu aos níveis mais baixos (final de 2014), intervalo de tempo também onde foi observada a maior ocorrência de morte das rainhas. Portanto, a redução das variáveis de produção avaliadas ocorreu sob efeito conjunto da influência da escassez dos recursos na natureza e também pelo enfraquecimento das atividades das rainhas.

Todas as colônias tiveram as rainhas introduzidas em pleno período de florada (maio/2014) e a maioria delas morreram antes que iniciasse a estação chuvosa de 2015. Com base nisso, é reforçada a necessidade de realizar a substituição das rainhas antes do início da principal florada do ano, de forma que as abelhas não realizem a troca naturalmente no período de safra, interrompendo o desenvolvimento e comprometendo seriamente a produção das colônias.

Para evitar a enxameação migratória das abelhas, o uso de área sombreada e o fornecimento de água é o mínimo que o apicultor deve proporcionar às colônias no Semiárido. As tentativas de abandono registradas no mês mais crítico (dezembro) do período avaliado deixam clara esta necessidade. Sombra (2013) também relatou que durante a estiagem, os enxames permanecem mais tempo em colmeias instaladas na sombra do que quando submetidas à exposição direta do sol.

Frequentemente, este comportamento (enxameação) ocorre com muita intensidade nas abelhas africanizadas (NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 2002; ALMEIDA, 2008) e, embora seja tão fundamental para o sucesso propagativo e dispersão das abelhas na natureza, vem representando umas das principais perdas para a apicultura no Nordeste brasileiro (FREITAS *et al.*, 2007; GONÇALVES *et al.*, 2013).

Diante do exposto, formas de amenizar estes efeitos negativos devem ser cada vez mais investigadas, principalmente em regiões onde as temperaturas são muito elevadas, como no Semiárido da Caatinga, em que a temperatura interna da colônia torna-se incontrolável pelas abelhas, a ponto de causar sérios prejuízos fisiológicos e comportamentais nos indivíduos e ainda de ocorrer o abandono frequente das colmeias (ALMEIDA, 2008).



CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

7 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados apresentados e discutidos, pode-se concluir que as colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) são sensíveis aos fatores climáticos da Caatinga e que ao adotar práticas de manejo mais adequadas para a realidade regional, proporcionando condições mais favoráveis ao desempenho das rainhas e, conseqüentemente, ao desenvolvimento das colônias, é possível conter ou amenizar os danos causados a apicultura pelas condições ambientais adversas do Semiárido.

Para a realização da técnica de produção de rainhas na região Nordeste, com mais sucesso nas aceitações das larvas transferidas, torna-se extremamente recomendável o uso de sombreamento sobre as colmeias com bebedouros de água potável nas proximidades do apiário, uma vez que colônias sob área sombreada aceitam as larvas introduzidas, quase 20% a mais do que quando as colônias são expostas diretamente no sol. Além disso, ao proporcionar condições de sombra às colônias no semiárido brasileiro, o desenvolvimento ontogenético de rainhas de abelhas africanizadas também melhora, aumentando em média, 31 mg no peso corporal de rainhas emergentes. Contudo, a taxa de emergência na estufa de rainhas criadas no sol (86,48%) e na sombra (92,07%), não diferiu significativamente.

Os resultados parciais da longevidade de rainhas africanizadas dão indícios de que também são positivamente influenciados pelo uso de coberturas, embora não tenha sido detectada significância estatística. Com base nas coletas de dados até o momento, rainhas em colmeias na sombra vivem em média 215 dias (aproximadamente 7 meses), enquanto sob condições de exposição ao sol, vivem em média 183 dias (aproximadamente 6 meses). Logo, a longevidade de apenas 6 meses para rainhas de *A. mellifera* africanizadas nas condições semiáridas da Caatinga, possivelmente possa ser aumentada alguns meses, ao se adotar o manejo de sombreamento sobre as colmeias. Com esta vida útil das rainhas em nossas condições locais, sugere-se que os apicultores façam a substituição periódica das mesmas, levando em consideração este período.

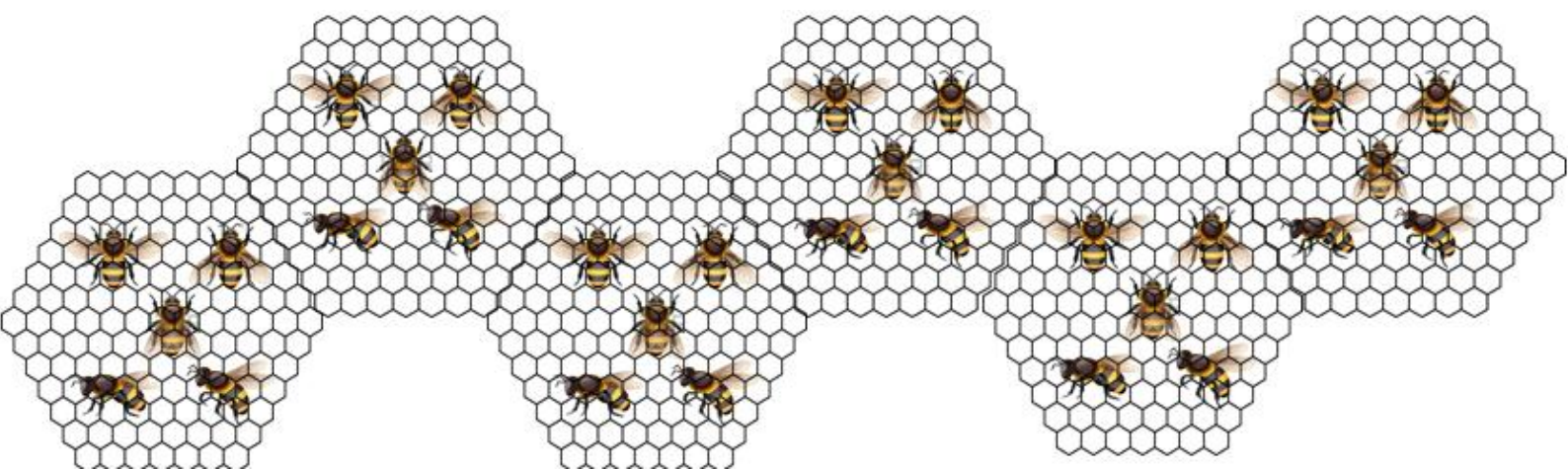
O desenvolvimento das colônias sob área sombreada também apresenta melhor performance do que colônias sob radiação direta do sol, principalmente quanto a viabilidade da cria, o que pode ser reflexo de uma maior homeostase social das mesmas em condições de

sombra, sendo assim necessário para obter expansão do enxame com maior rapidez e melhor rendimento na produção.

O uso de sombreamento e presença de bebedouro de água potável próximo ao apiário pode ser considerado uma opção de manejo adequada e acessível economicamente para apicultores da Caatinga do Semiárido nordestino, tornando-se assim, uma ferramenta útil para os produtores propiciarem um maior conforto térmico às colônias, de modo a reduzirem suas perdas causadas pelos impactos negativos das condições ambientais adversas, como altas temperaturas, forte radiação e escassez de alimentos.

Como forma de minimizar ainda mais os custos ao providenciar condições de sombreamento, recomenda-se que os apicultores instalem suas colmeias em áreas de sombra natural, como copa de árvores nativas, tendo cuidado para a escolha da espécie arbórea, pois devido ao processo natural de caducifolia (perda das folhas no período seco), a copa da maioria das espécies da Caatinga só estará disponível em curto período do ano. Porém, algumas árvores possuem copa verde perene o ano todo, como a oiticica e o juazeiro, podendo usar sua sombra em toda a estação de estiagem. Isso não sendo possível, o apicultor deve buscar outras alternativas, construindo sobre as colmeias, uma área sombreada de palhas vegetais (exemplos: folhas de coqueiro, carnaúba, bananeira), mais comumente conhecida como latada. Este modelo é eficiente e de baixo custo, porém só pode ser usado em apicultura fixa, deste modo, caso o produtor trabalhe com apicultura migratória, é recomendado que ao menos coloque uma proteção física sobre a colmeia, como uma telha brasilit, pedaço de plástico ou madeira que cubra sua superfície. Entretanto, esta barreira física é menos eficiente, uma vez que por estar encostada diretamente sobre a colmeia, os raios solares incidentes a aquece e parte do calor gerado passa para a colmeia por condução.

Outros estudos comparativos em colônias sob condições de sombra e exposição ao sol se fazem necessários para reforçar os efeitos positivos do sombreamento das colmeias no Semiárido brasileiro sobre a homeostase das colônias e sobre seu desempenho fisiológico e comportamental, como a capacidade de termorregulação, demanda energética, investimento em zangões, eficiência reprodutiva de rainhas, sobrevida/mortalidade de crias, resistência a doenças, entre outros. Ainda assim, de qualquer modo, baseado na literatura apresentada e nos resultados encontrados no presente trabalho, a técnica de sombreamento de colônias apresenta-se como sendo uma ferramenta, simples, porém prática e válida a ser aplicada pelo apicultor a fim de incrementar a produtividade apícola.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, J.; ROTHMAN, E. D.; KERR, W. E.; PAULINO, Z. L. Estimation of the number of sex alleles and queen mating from diploid male frequencies in a population of *Apis mellifera* L. **Genetics**, v. 86, n.3, p. 583-596, 1977.

ALBARRACÍN, V. N.; CUNHA FUNARI, S. R.; ROMERO ARAUCO, E. M.; OLIVEIRA ORSI, R. Aceitação de larvas de diferentes grupos genéticos de *Apis mellifera* na produção de abelhas rainhas. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 14, n. 2, p. 33-41, 2006.

ALENCAR, L. C. **Efeito do sombreamento no desenvolvimento, na produtividade e na qualidade do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em região semi-árida.** 2005. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFPI, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2005.

ALENCAR, L. C.; SOUZA, D. C. Efeito do sombreamento na produção do mel, no desenvolvimento e no abandono de colmeias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) em região semiárida. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 7., 2006, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: USP, 2006. v.1 CD-ROM.

ALMEIDA, G. F. **Fatores que interferem no comportamento enxameatório de abelhas africanizadas.** Tese (Doutorado em Entomologia) - Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008.

ALMEIDA, R.; SOARES, A. E. E. Longevity of africanized worker honey bees (*Apis mellifera*) carrying eye color mutant alleles. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 2, p. 277-281, 2003.

AL-TIKRITY, W. S.; HILLMANN, R. C.; BENTO, A. W.; CLARKE-JR, W. W. A new instrument for brood measurement in a honey bee colony. **American Bee Journal**, v. 111, n. 1, p. 20-26, 1971.

AMDAM, G. V.; AASE, A. L. T. O.; SEEHUUS S. C.; FONDRK, M. K.; NORBERG, K.; HARTFELDER, K. Social reversal of immunosenescence in honey bee workers. **Experimental Gerontology**, v. 40, n. 12, p. 939-947, 2005.

BECHER, M. A.; SCHARPENBERG, H.; MORITZ, R. F. A. Pupal developmental temperature and behavioral specialization of honeybee workers (*Apis mellifera* L.). **Journal of Comparative Physiology A**, v.195, n. 7, p. 673-679, 2009.

BENSON, K. Africanized honey bees: their tactics of conquest. **American Bee Journal**, v. 125, n. 6, p. 435-437, 1985.

BIENEFELD, K.; EHRHARDT, K.; REINHARDT, F. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects – A BLUP-Animal Model approach. **Apidologie**, v. 38, n. 1, p.77-85, 2007.

BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). **Apidologie**, v. 21, n. 3, p. 175-183, 1990.

BOCH, R.; JAMIESON, C. A. Relation of body weight to fecundity in queen honeybees. **The Canadian Entomologist**, v. 92, n. 9, p. 700-701, 1960.

BOZINA, K. D. How long does the queen live? **Pchelovodstvo**, v. 38, n. 6, p. 13, 1961.

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.

BRIGHENTI, D. M.; MIRANDA, Y. S. S.; BRIGHENTI, C. R. G. Influencia do ritmo circadiano na mortalidade de *Apis mellifera*. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 9., 2010, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto - SP, 2010. p. 420.

BRITO, R. L.; CASTAGNINO, G. L. B.; BAVIA, M. E.; GRAMACHO, K. P.; PERES, L. P.; BRITO, P. L. Sombreamento de colônias e concentração do ácaro *Varroa destructor* em região tropical. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE APICULTURA (FILAPI), 11., 2014, Puerto Iguazú. **Anais...** Ribeirão Preto, 2014. p. 137.

BROCKMANN, A.; DIETZ, D.; SPAETHE, J.; TAUTZ, J. Beyond 9-ODA: Sex pheromone communication in the European honey bee *Apis mellifera* L. **Journal of Chemical Ecology**, v. 32, n. 3, p. 657-667, 2006.

BROUWERS, E. V. M. Glucose/fructose ratio in the food of honey bee larvae during caste differentiation. **Journal of Apicultural Research**, v. 23, n. 2, p. 94-101, 1984.

BUJOK, B.; KLEINHENZ, M.; FUCHS, S.; TAUTZ, J. Hot spots in the bee hive. **Naturwissenschaften**, v. 89, n. 7, p. 299-301, 2002.

BUTLER, C. G.; FAIREY, E. M. Pheromones of the honeybees: biological studies of the mandibular gland secretion of the queen. **Journal of Apicultural Research**, v. 3, p. 65-76, 1964.

BUTLER, C. G.; SIMPSON, J. Pheromones of the queen honeybee (*Apis mellifera* L.) which enable her workers to follow her when swarming. **Proceedings of the Royal Entomological Society**, v. 42, p. 149-154, 1967.

CARBONARI, V. **Taxa de sucesso no desenvolvimento sazonal de abelhas rainhas de *Apis mellifera* Linnaeus africanizada (Hymenoptera, Apidae) na região de Dourados-MS.** 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2008.

CARGEL, R. A.; RINDERER, T. E. Unusual queen cell construction and destruction in *Apis mellifera* from far-eastern Russia. **Journal of Apicultural Research**, v. 3, n. 4, p. 188-190, 2004.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; AMORIM, A. P. **Dados meteorológicos de Mossoró: janeiro de 1898 a dezembro de 1986.** 341 ed. Mossoró: Escola Superior de Agricultura/FGD (Coleção Mossoroense), 1987. 325 p.

CARVALHO, M. D. F. **Temperatura da superfície corpórea e perda de calor por convecção em abelhas (*Apis mellifera*) em uma região semiárida.** 2009. 47 f. Dissertação

(Mestrado em Ciência Animal) – UFERSA, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2009.

CORBELLA, E. **Seleção para aumento de peso de rainhas de *Apis mellifera* e influência de variáveis climáticas na criação artificial de rainhas**. 1981. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Entomologia) – FFCLRP, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 1981.

CORBELLA, E.; GONÇALVES, L. S. Relationship between weight at emergence, number of ovarioles and spermathecal volume of Africanized honey bee queens (*Apis mellifera* L.). **Revista Brasileira de Genética**, v. 5, n. 4, p. 835-840, 1982.

CORONA, M.; HUGHES, K. A.; WEAVER, D. B.; ROBINSON, G. E. Gene expression patterns associated with queen honey bee longevity. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 126, n. 11, p. 1230-1238, 2005.

CORONA, M.; VELARDE, R. A.; REMOLINA, S.; MORAN-LAUTER, A.; WANG, Y.; HUGHES, K. A.; ROBINSON, G. E. Vitellogenin, juvenile hormone, insulin signaling, and queen honey bee longevity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, v. 104, n. 17, p. 7128-7133, 2007.

CRANE, E. **Livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1983. 226 p.

CROW, J. F.; ROBERTS, W.C. Inbreeding and homozygosity in bees. **Genetics**, v. 35, p. 612-621, 1950.

DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v. 77, n. 2, p. 67-70, 1996.

DE 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.

DEDEJ, S.; HARTFELDER, K.; AUMEIER, P.; ROSENKRANZ, P.; ENGELS, W. Caste determination is a sequential process: effect of larval age at grafting on ovariole number, hind leg size and cephalic volatiles in the honey bee (*Apis mellifera carnica*). **Journal of Apicultural Research**, v. 37, n. 3, p. 183-190, 1998.

DELANEY, D. A.; KELLER, J. J.; CAREN, J. R.; TARPY, D. R. The physical, insemination, and reproductive quality of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v. 42, n. 1, p. 1-13, 2010.

DOOLITTLE, G. M. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, v. 39, n. 28, p. 435-436, 1899.

DUAY, P. R. Manejo para aumento da produtividade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Anais...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. v. 1, p. 121-124.

DURAN, J. E. T. **Estudo de variáveis ambientais e do ácaro Varroa jacobsonina produção de geleia real em colmeias de *Apis mellifera***. 1991. 97 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1991.

ECKERT, J. E. Studies in the number of ovarioles in queen honeybees in relation to body size. **Journal of Economic Entomology**, v. 27, p. 629-635, 1934.

FAHRENHOLZ, L.; LAMPRECHT, I.; SCHRICKER, B. Calorimetric investigations of different castes of honey bees, *Apis mellifera carnica*. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 162, n. 2, p. 119-130, 1992.

FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geleia real**. 2007. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UEM, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

FENG, M.; FANG, Y.; LI, J. Proteomic analysis of honeybee worker (*Apis mellifera*) hypopharyngeal gland development. **BMC Genomics**, v. 10, n. 645, p. 1-12, 2009.

FERGUSON, A. W.; FREE, J. B.; PICKETT, J. A.; WINDER, M. Techniques for studying honeybee pheromones involved in clustering, and experiments on the effect of nasonov and queen pheromones. **Physiological Entomology**, v. 4, n. 4, p. 339-344, 1979.

FLETCHER, D. J. C. The african bee, *Apis mellifera adansonii*, in Africa. **Annual Review of Entomology**, v. 23, p. 151-171, 1978.

FREE, J. B.; PICKETT, J. A.; FERGUSON, A. W.; SMITH, M. C. Synthetic pheromones to attract honeybee (*Apis mellifera*) swarms. **Journal of Agricultural Science**, v. 97, n. 2, p. 427-431, 1981.

FREE, J. B.; SPENCER-BOOTH, Y. The longevity of worker honey bees (*Apis mellifera*). **Proceedings of the Royal Entomological Society**, v. 34, n. 10-12, p. 141-150, 1959.

FREITAS, B. M.; SOUSA, R. M.; BOMFIM, G. A. Absconding and migratory behaviors of feral africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies in NE Brazil. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 381-385, 2007.

FUKUDA, H.; SEKIGUCHI, K. Seasonal change of the honeybee worker longevity in Sapporo, north Japan, with notes on some factors affecting lifespan. **Japanese Journal of Ecology**, v. 16, p. 206-212, 1966.

GARCIA, R. C. **Produção de geleia real desenvolvimento de colônias e de glândulas hipofaríngeas em abelhas *Apis mellifera* italianas e seus híbridos africanizados em fecundação natural e instrumental**. 1992. 239 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1992.

GARCIA, R. 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.

GARCIA, R. C.; SOUZA, D. T. M.; NOGUEIRACOUTO, R. H. Cúpulas comerciais para produção de geléia real e rainhas em colméias de abelhas *Apis mellifera*. **Scientia Agricola**, v. 57, n. 2, p. 367-370, 2000.

GETZ, W. M.; BRÜCKNER, D.; PARISIAN, T. R. Kin structure and the swarming behavior of the honey bee *Apis mellifera*. **Behavioral ecology and sociobiology**, v. 10, n. 4, p. 265 - 270, 1982.

GILLEY, D. C.; DEGRANDI-HOFFMAN, G.; HOOPER, J. E. Volatile compounds emitted by live European honey bee (*Apis mellifera* L.) queens. **Journal of Insect Physiology**, v. 52, n. 5, p. 520-527, 2006.

GILLEY, D. C.; TARPY, D. R. Three mechanisms of queen elimination in swarming honey bee colonies. **Apidologie**, v. 36, n. 3, p. 461-474, 2005.

GILLEY, D. C.; TARPY, D. R.; LAND, B. B. Effect of queen quality on interactions between workers and dueling queens in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 190-196, 2003.

GONÇALVES, L. S. Comments on the aggressiveness of the Africanized bees in Brazil. **American Bee Journal**, v. 114, n. 12, p. 448-450, 1974.

GONÇALVES, L. S. The big challenge: development of beekeeping with africanized honey bees in Northeast Brazil. *Proceedings: 8th IBRA International Conference on Tropical Bees and Encontro sobre abelhas*. Ribeirão Preto – SP. p. 241-246, 2004.

GONÇALVES, L. S. Desenvolvimento e expansão da apicultura no Brasil com abelhas africanizadas. **Revista SEBRAE**, Brasília, v. 3, p. 14-16, 2006a.

GONÇALVES, L. S. Meio século de apicultura com abelhas africanizadas no Brasil. **Mensagem Doce**, v. 87, p. 21-26, 2006b.

GONCALVES, L. S.; DE JONG, D.; GRAMACHO, K. P. A Expansão da Apicultura e da Tecnologia Apícola no Nordeste Brasileiro, com Especial Destaque para o Rio Grande do Norte. **Mensagem doce**, v. 3, n. 105, p. 7-15, 2010.

GONÇALVES, L. S.; DOMINGOS, H. G. T.; SOMBRA, D. S.; BELCHIOR FILHO, V.; GRAMACHO, K. P. The influence of drought of 2012 in beekeeping of Rio Grande do Norte, Brazil. In: XXXXIII International Apicultural Congress, 2013, Kyiv. Anais... Kyiv: Sodruzhestvo, 2013. v. 43, p. 154-155.

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

GONÇALVES, L. S.; STORT, A. C. Honey bee improvement through behavioral genetics. **Annual Review of Entomology**, v. 23, p. 197-213, 1978.

GRAMACHO, K. Considerações sobre o melhoramento de abelhas com base no comportamento higiênico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15., 2004, Natal. **Anais...** Natal: Confederação Brasileira de Apicultura, 2004.

GROH, C.; TAUTZ, J.; ROESSLER, W. Synaptic organization in the adult honeybee brain is influenced by brood-temperature control during pupal development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 101, n. 12, p. 4268-4273, 2004.

GROZINGER, C. M; RICHARDS, J.; MATTILA, H. R. From molecules to societies: mechanisms regulating swarming behavior in honey bees (*Apis* spp.). **Apidologie**, v. 45, n. 3, p. 327-346, 2014.

GUIDUGLI, K. R.; NASCIMENTO, A. M.; AMDAM, G. V.; BARCHUK, A. R.; OMHOLT, S.; SIMOES, Z. L. P.; HARTFELDER, K. Vitellogenin regulates hormonal dynamics in the worker caste of a eusocial insect. **FEBS Letters**, v. 579, n. 22, p. 4961-4965, 2005.

HADDAD, L. S.; KELBERT, L.; HULBERT, L. J. Extended longevity of queen honey bees compared to workers is associated with peroxidation-resistant membranes. **Experimental Gerontology**, v. 42, p. 601-609, 2007.

HALAK, A. L. **Parâmetros e correlações genéticas e fenotípicas para peso e medidas morfométricas em rainhas *Apis mellifera* africanizadas**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

HAMILTON, W. D. The genetical evolution of social behaviour. II. **Journal of Theoretical Biology**, v.7, n. 1, p.17-52, 1964.

HARBO, J. R.; SZABO, T. J. A comparison of instrumentally inseminated and naturally mated queens. **Journal of Apicultural Research**, v. 23, n. 4, p. 31-36, 1984.

HARMAN, D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. **Journal of Gerontology**, v.11, n. 3, p. 298-300, 1956.

HATCH, S.; TARPY, D. R.; FLETCHER, D. J. C. Worker regulation of emergency queen rearing in honey bee colonies and the resultant variation in queen quality. **Insectes Sociaux**, v. 46, n. 4, p. 372-377, 1999.

HAYDAK, M. H. Honey bee nutrition. **Annual Review of Entomology**, v. 15, p. 143-156, 1970.

HEINZE, J.; SCHREMPF, A. Aging and reproduction in social insects - a mini-review. **Gerontology**, v. 54, n. 3, p. 160-167, 2008.

HEPBURN, H. R.; RADLOFF, S. E. **Honeybees of Africa**. Berlin: Springer, 1998. 369 p.

HOOPINGARNER, R.; FARRAR, C. L. Genetic control of size in queen honey bees. **Journal of Economic Entomology**, v. 52, n. 4, p. 547-548, 1959.

HULBERT, A. J. Explaining longevity of different animals: is membrane fatty acid composition the missing link? **AGE**, v. 30, n. 2-3, 89-97, 2008.

JACKSON, J. T.; TARPY, D. R.; FAHRBACH, S. E. Histological estimates of ovariole number in honey bee queens (*Apis mellifera*) reveal lack of correlation with other queen-quality measures. **Journal of Insect Science**, v. 11, article 82, 2011.

JOHNSON, B. R. Reallocation of labor in honeybee colonies during heat stress: the relative roles of task switching and the activation of reserve labor. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 51, n. 2, p. 188-196, 2002.

JOHNSON, B. R. Division of labor in honeybees: form, function, and proximate mechanisms. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 64, n. 3, p. 305-316, 2010.

JONES, C. J.; HELLIWELL, P.; BEEKMAN, M.; MALESZKA, R.; OLDROYD, B. P. The effects of rearing temperature on developmental stability and learning and memory in the honeybee, *Apis mellifera*. **Journal of Comparative Physiology A**, v.191, n. 12, p. 1121-1129, 2005.

JONES, J. C.; MYERSCOUGH, M. R.; GRAHAM, S.; OLDROYD, B. P. Honey bee nest thermoregulation: diversity promotes stability. **Science**, v. 305, n. 5682, p. 402-404, 2004.

JONES, J. C.; OLDROYD, B. P. Nest thermoregulation in social insects. **Advances in Insect Physiology**, v. 33, p. 153-191, 2007.

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**, v.47, n. 2, p. 118-125, 2008.

KAPLAN, J. K. Africanized honey bees in the news again. **Agricultural Research**, v. 54, p. 4-7, 2007.

KEFUSS, J. A.; NYE, W. P. The influence of photoperiod on the flight activity of honeybees. **Journal of Apicultural Research**, v. 9, n. 3, p. 133-139, 1970.

KERR, W. E.; GONÇALVES, L. S.; BLOTTA, L. F.; MACIEL, H. B. Biologia comparada entre as abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*), Africana (*Apis mellifera adansonii*) e suas híbridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 1., 1970, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Confederação Brasileira de Apicultura, 1970. p. 151-185.

KERR, W. E.; VENCOSKY, R. Melhoramento genético em abelhas – I. Efeito do número de colônias sobre o melhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, v. 2, p. 219-285, 1982.

KLEINHENZ, M.; BUJOK, B.; FUCHS, S.; TAUTZ, J. Hot bees in empty broodnest cells: heating from within. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, n. Pt26, p. 4217-4231, 2003.

KOENIGER, N.; KOENIGER, G. Mating flight duration of *Apis mellifera* queens: as short as possible, as long as necessary. **Apidologie**, v. 38, n. 6, p. 606-611, 2007.

KOVAC, H.; STABENTHEINER, A.; HETZ, S. K.; PETZ, M.; CRAILSHEIM, K. Respiration of resting honeybees. **Journal of Insect Physiology**, v. 53, n. 12, p. 1250-1261, 2007.

KOYAMA, S.; HARANO, K.; HIROTA, T.; SATOH, T.; OBARA, Y. Rearing of candidate queens by honeybee, *Apis mellifera*, workers (Hymenoptera: Apidae) is independent of genetic relatedness. **Applied Entomology and Zoology**, v. 42, n. 4, p. 541-547, 2007.

KRONENBERG, F.; HELLER, C. Colonial Thermoregulation in Honey Bees (*Apis mellifera*). **Journal of Comparative Physiology**, v. 148, n. 1, p. 65-76, 1982.

LAIDLAW, H. H. JR.; ECKERT, J. E. **Queen rearing**. Berkeley: University of California Press, 1962. 165 p.

LAIDLAW, H. H.; PAGE, R. E. Polyandry in honey bees (*Apis mellifera*): sperm utilization and intracolony genetic relationship. **Genetics**, v. 108, n. 4, p.985-997, 1984.

LATTORFF, H. M. G.; MORITZ, R. F. A. Genetic underpinnings of division of labor in the honeybee (*Apis mellifera*). **Trends in Genetics**, v. 29, n. 11, 2013.

LE CONTE, Y.; SRENG, L.; POITOUT, S. H. Brood pheromone can modulate the feeding behaviour of *Apis mellifera* workers (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 4, p. 798-804, 1995.

LI, C.; XU, B.; WANG, Y.; YANG, Z.; YANG, W. Protein content in larval diet affects adult longevity and antioxidant gene expression in honey bee workers. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 151, n. 1, p. 19-26, 2014.

LIMA, M. G. **A produção de própolis no Brasil**. São João da Boa Vista: São Sebastião, 2006.

LINDAUER, M. The water economy and temperature regulation of the honeybee colony. **Bee World**, v. 36, p. 62-72; 81-92; 105-111, 1955.

LIU, J. R.; YANG, Y. C.; SHI, L. S.; PENG, C. C. Antioxidant properties of royal jelly associated with larval age and time of harvest. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 23, p. 11447-11452, 2008.

LOBO, J. A.; KERR, W. E. Estimation of number of matings in *Apis mellifera*: extensions of the model and comparison of different estimates. **Ethology, Ecology and Evolution**, v. 5, p. 337-345, 1993.

LOPES, M. T. R.; BARBOSA, A. L.; NETO, J. M. V.; PEREIRA, F. M.; CAMARGO, R. C. R.; RIBEIRO, V. Q.; SOUZA, B. A. Alternativas de sombreamento para apiários. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 299-305, 2011.

LORENZON, M. C.; OLIVEIRA, C.; JORDÃO, A. R.; CORDEIRO, G. D. Carga térmica de radiação de dois apiários de abelhas africanizadas dispostos ao sol e à sombra. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15.; CONGRESSO BRASILEIRO DE MELIPONICULTURA, 1., 2004, Natal. **Anais...** Natal: Confederação Brasileira de Apicultura: SEBRAE-RN, 2004. 1 CD-ROM.

MACKASMIEL, L. A. M.; FELL, R. D. Respiration rates in eggs of the honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, v. 39, n. 3-4, p. 125-135, 2000.

MANRIQUE, A. J.; SOARES, A. E. E. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Interciência**, v. 27, n. 6, p. 312-316, 2002.

MEDEIROS, P. V. Q.; PEREIRA, D. S.; MARACAJÁ, P. B.; SAKAMOTO, S. M. Produção de abelhas rainha *Apis Mellifera* spp. (africanizadas) no Semiárido cearense, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 5, p. 46-50, 2011.

MEDEIROS, P. V. Q. **Substratos alternativos à geleia real em cúpulas para produção de abelhas rainha de *Apis mellifera***. 2007, 45f. Mossoró-RN. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2007.

MELAMPY, R. M.; WILLIS, E. R. Respiratory metabolism during larval and pupal development of the female honeybee (*Apis mellifera* L.). **Physiological Zoology**, v. 12, n. 3, p. 302-311, 1939.

MERRILL, J. H. Observations on brood-rearing. **American Bee Journal**, v. 64, p. 337-338, 1924.

MOELLER, F. E. Relation between egg-laying capacity of queen bees and population and honey of their colonies. **American Bee Journal**, v. 98, p. 401-402, 1958.

MORINI, M. S. C.; BUENO, O. C. Morphology and weight of Africanized queen bees produced in different diameters of artificial cups. **Journal of Advanced Zoology**, v. 14, n. 2, p. 67-69, 1993.

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.

NAUMANN, K. Grooming behaviors and the translocation of queen mandibular gland pheromone on worker honey bees (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v. 22, n. 1, p. 523-531, 1991.

NELSON, D.L.; GARY, N.E. Honey productivity of honeybees colonies in relation to body weight, attractiveness and fecundity of the queen. **Journal of Apicultural Research**, v. 22, n. 4, p. 209-213, 1983.

NEUKIRCH, A. Dependence of the lifespan of the Honeybee (*Apis mellifera*) upon flight performance and energy consumption. **Journal of Comparative Physiology**, v. 146, n. 1, p. 35-40, 1982.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**. Jaboticabal: FUNEP, 2002. 191 p.

NOLAN, W. J. The brood-rearing cycle of the honey bee. **Bulletin of the U.S. Department of Agriculture**, v. 1349, p. 1-56, 1925.

NUNES-SILVA, P.; GONÇALVES, L. S.; FRANCOY, T. M.; De JONG, D. Rate of growth and development time of africanized honey bee (*Apis mellifera*) queens and workers during

ontogenetic development. **Brazilian Journal of Morphological Sciences**, v. 23, n. 3-4, p. 325-332, 2006.

PAGE, R. E.; PENG, C. Y. S. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. **Experimental Gerontology**, v. 36, n. 4-6, p. 695-711, 2001.

PAGE, R. E.; ROBINSON, G. E. The genetics of division of labor in honey bee colonies. **Advances in Insect Physiology**, v. 23, p. 117-169, 1991.

PAIVA, C. S. **Produção de abelhas rainha africanizadas (*Apis mellifera* L.) sob o efeito do sol e de área sombreada**. 2011, 40f. Mossoró-RN. Monografia (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2011.

PANKIW, T. Brood pheromone regulates foraging activity of honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 97, n. 3, p. 748-751, 1998.

PANKIW, T. Cued in: honey bee pheromones as information flow and collective decision-making. **Apidologie**, v. 35, n. 2, p. 217-226, 2004.

PARKER, J. D.; PARKER, K. M.; SOHAL, B. H.; SOHAL, R. S.; KELLER, L. Decreased expression of Cu-Zn superoxide dismutase 1 in ants with extreme life-span. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, v. 101, n. 10, p. 3486-3489, 2004.

PATRÍCIO, K.; CRUZ-LANDIM, C. Mating influence in the ovary differentiation in adult queens of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera, Apidae). **Brazilian Journal Biology**, v. 62, n. 4a, p. 641-649, 2002.

PEREIRA, D. S.; PAIVA, C. S.; BARBOSA, G. R.; MARACAJÁ, P. B.; LIMA, C. J. Produção de rainhas (*Apis mellifera* L.), e taxa de fecundação natural em quatro municípios do nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 09-16, 2013.

PETZ, M.; STABENTHEINER, A.; CRAILSHEIM, K. Respiration of individual honeybee larvae in relation to age and ambient temperature. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 174, n. 7, p. 511-518, 2004.

POLHEMUS, M. S.; LUSH, J. L.; ROTHENBÜHLER, W. C. Mating systems in honeybees. **Journal of Heredity**, v. 41, n. 6, p. 151-154, 1950.

QUEIROZ, M. L.; BARBOSA, S. B. P.; AZEVEDO, M. Produção de geléia 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.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N. C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Ano VI, n. 10, 2007.

RANGEL, J.; KELLER, J. J.; TARPY, D. R. The effects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen reproductive potential on colony growth. **Insectes Sociaux**, v. 60, n.1, p. 65-73, 2013.

RANGEL, J.; SEELEY, T. D. Colony fissioning in honey bees: size and significance of the swarm fraction. **Insectes Sociaux**, v. 59, n. 4, p. 453-462, 2012.

REMOLINA, S. C.; HUGHES, K. A. Evolution and mechanisms of long life and high fertility in queen honey bees. **AGE**, v. 30, n. 2-3, p. 177-185, 2008.

ROBINSON, G. E. Regulation of division of labor in insect societies. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 637-665, 1992.

RODRIGUES, A. G. L.; MARCHINI, L. C.; HADDAD, M. de L. Índice de diastase e HMF de mel extraído de colmeias expostas diretamente ao sol e à sombra. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11., 1996, Teresina. **Resumos...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. 342 p.

SAKAGAMI, S. F.; FUKUDA, H. Life tables for worker honeybees. **Research Population Ecology**, v. 10, n. 2, p. 127-139, 1968.

SANTANA, A. G. **Produção de própolis por *Apis mellifera* L. (africanizadas) e avaliação do uso do pólen na determinação de sua origem botânica.** 2003. 48 f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

SCHMICKL, T.; CRAILSHEIM, K. How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behaviour in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 51, n. 1, p. 415-425, 2002.

SCHMID, M. R.; BROCKMANN, A.; PIRK, C. W. W.; STANLEY, D. W.; TAUTZ, J. Adult honey bees (*Apis mellifera* L.) abandon hemocytic, but not phenoloxidase-based immunity. **Journal of Insect Physiology**, v. 54, n. 2, p. 439-444, 2008.

SCHMID-HEMPEL, P.; WOLF, T. Foraging effort and lifespan of workers in a social insect. **Journal of Animal Ecology**, v. 57, p. 509-521, 1988.

SCHMOLZ, E.; HOFFMEISTER, D.; LAMPRECHT, I. Calorimetric investigations on metabolic rates and thermoregulation of sleeping honeybees (*Apis mellifera carnica*). **Thermochimica Acta**, v. 382, n. 1-2, p. 221-227, 2002.

SCHNEIDER, S. S.; PAINTER-KURT, S.; DEGRANDI-HOFFMAN, G. The role of the vibration signal during queen competition in colonies of the honeybee, *Apis mellifera*. **Animal Behaviour**, v. 61, n. 6, p. 1173-1180, 2001.

SEEHUUS, S. C.; NORBERG, K.; GIMSA, U.; KREKLING, T.; AMDAM, G. V. Reproductive protein protects functionally sterile honey bee workers from oxidative stress. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States**, v. 103, n. 4, p. 962-967, 2006.

SEELEY, T. D.; KOLMES, S. A. Age polyethism for hive duties in honey bees - illusion or reality? **Ethology**, v. 87, p. 284-297, 1991.

SEELEY, T. D. **Ecologia da Abelha: Um Estudo de Adaptação na Vida Social** (tradução de C. A. Osowski) – Porto Alegre: Paixão Editores LTDA, 2006, 256p.

SEVERSON, D. W.; ERICKSON J. R., E. H. Seasonal constraints on mating and insemination of queen honey bees in a continental climate. **Apidologie**, v. 20, n. 1, 1989.

SILVA, E. C. A. **Influência de fatores ambientais e da técnica de manejo na fecundação natural de *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae)**. 1993. 100 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1993.

SILVA, E. C. A.; ALVES, M. L. T. M. F.; SILVA, R. M. B.; MORETI, A. C. C. C. Longevidade de rainhas de abelhas africanas neotropicais (*Apis mellifera* L.). **Boletim de Indústria Animal**, v. 48, n. 1, p. 57-62, 1991.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SILVEIRA NETO, A. A. **Avaliação de quatro métodos de produção de geleia real e rainhas de *Apis mellifera* no estado do Ceará**. 2011, 77 f. Fortaleza-CE. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SIMPSON, J. Nest climate regulation in honey bee colonies. **Science**, v. 133, n. 3461, p. 1327-1333, 1961.

SLESSOR, K. N.; WINSTON, M. L.; LE CONTE, Y. Pheromone communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 11, p. 2731-2745, 2005.

SMITH, C. R.; TOTH, A. L.; SUAREZ, A. V.; ROBINSON, G. E. Genetic and genomic analyses of the division of labour in insect societies. **Nature Reviews Genetics**, v.9, n. 10, p. 735-748, 2008.

SOMBRA, D. S. **Monitoramento do desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas sobre a influência do ambiente sol e sombra na região semiárida do nordeste brasileiro (Mossoró-RN)**. 2013. 68 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2013.

SOUTHWICK, E. E. Allometric relations, metabolism and heat conductance in clusters of honey bees at cool temperatures. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 156, n. 1, p. 143-149, 1985.

SOUTHWICK, E. E.; MORITZ, R. F. A. Social control of air ventilation in colonies of honey bees, *Apis mellifera*. **Journal of Insect Physiology**, v. 33, n. 9, p. 623-626, 1987.

SOUZA, H. R.; ORSI, R. O.; FUNARI, S. R. C.; BARRETO, L. M. R. C.; DIB, A. P. S. Produção de própolis em colmeias de *Apis mellifera* africanizadas submetidas a diferentes condições de sombreamento. **Boletim da Indústria Animal**, v. 63, n. 4, p. 189-192, 2006.

STABENTHEINER, A.; KOVAC, H.; BRODSCHNEIDER, R. Honeybee colony thermoregulation – regulatory mechanisms and contribution of individuals in dependence on age, location and thermal stress. **Plos One**, v. 5, n. 1, p. e8967, 2010.

STABENTHEINER, A.; PRESSL, H.; PAPST, T.; HRASSNIGG, N.; CRAILSHEIM, K. Endothermic heat production in honeybee winter clusters. **Journal of Experimental Biology**, v. 206, p. 353-358, 2003a.

STABENTHEINER, A.; VOLLMANN, J.; KOVAC, H.; CRAILSHEIM, K. Oxygen consumption and body temperature of active and resting honeybees. **Journal of Insect Physiology**, v. 49, n. 9, p. 881-889, 2003b.

SZABO, T. I.; LEFKOVITCH, L. P. Fourth generation of closed population honeybee breeding. **Apidologie**, v. 19, n. 3, p. 259-274, 1988.

TANAKA, E. D.; HARTELDER, K. The initial stages of oogenesis and their relation to differential fertility in honey bee (*Apis mellifera*) castes. **Arthropod Structure Development**, v. 33, n. 4, 431-442, 2004.

TARPY, D. R.; KELLER, J. J.; CAREN, J. R.; DELANEY, D. A. Experimentally induced variation in the physical reproductive potential and mating success in honey bee queens. **Insectes Sociaux**, v. 58, n. 4, p. 569-574, 2011.

TAUTZ, J.; MAIER, S.; GROH, C.; ROESSLER, W.; BROCKMANN, A. Behavioral performance in adult honey bees is influenced by the temperature experienced during their pupal development. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 100, n. 12, p. 7343-7347, 2003.

TAVARES, R. F.; QUEIROZ, M. L.; COSTA-MAIA, FABIANA M.; AZEVEDO, M.; OLIVEIRA, J. R.; NASCIMENTO, G. J. R.; COSTA, C. F. S.; LIMA, T. B. A. A. Estudo da Influência das Variáveis Climáticas em Colônias de *Apis mellifera*, em Ambientes de Sol e Sombra no Semiárido Pernambucano. In: 19º Congresso Brasileiro de Apicultura 5º Congresso Brasileiro de Meliponicultura, 2012, Gramado. **Mensagem Doce**. São Paulo, 2012.

THRASYVOULOU, A. T.; COLLISON, C. H.; BENTON, A. W. Electrophoretic patterns of water-soluble proteins of honey bee larval food. **Journal of Apicultural Research**, v. 22, n. 3, p. 142-145, 1983.

TOLEDO, V. A. A. **Estudo comparativo de parâmetros biológicos e da produção de cera e geleia real em colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas cárnicas italianas e seus híbridos**. 1997. 92f. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

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.

TOLEDO, V. A. A. T.; NEVES, C. A.; ALVES, E. M.; OLIVEIRA, J. R.; RUVOLO-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.; MALHEIROS, E. B.; FAQUINELLO, P.; SEREIA, M. J. Produção de realeiras em colônias híbridas de *Apis mellifera* L. e longevidade de rainhas. **Global Science and Technology**, v. 5, n. 2, p.176-185, 2012.

TRAYNOR, K. S.; CONTE, Y. L.; PAGE JR, R. E. Queen and young larval pheromones impact nursing and reproductive physiology of honey bee (*Apis mellifera*) workers. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 68, n. 12, p. 2059-2073, 2014.

TRHLIN, M.; RAJCHARD, J. Chemical communication in the honeybee (*Apis mellifera* L.): a review. **Veterinarni Medicina**, v. 56, n. 6, p. 265-273, 2011.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”. Departamento de Ciências Exatas. **ESTAT**. Versão 2.0. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1994.

VILELA, S. L. de O.; PEREIRA, F. de M. **Cadeia produtiva do mel no estado do Rio Grande do Norte**. Natal: SEBRAE, 2002. 130 p.

VISSCHER, P. K.; DUKAS, R. Survivorship of foraging honeybees. **Insectes Sociaux**, v. 44, n. 1, p. 1-5, 1997.

WANNER, K. W.; NICHOLS, A. S.; WALDEN, K. K. O.; BROCKMANN, A.; LUETJE, C. W.; ROBERTSON, H. M. A honey bee odorant receptor for the queen substance 9-oxo-2-decenoic acid. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, v. 104, n. 36, p. 14383-14388, 2007.

WEAVER, R. S. The importance of requeening honey bee colonies in hot climate. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE APICULTURA EM CLIMA QUENTE, **Anais...** Florianópolis, 1979. p.174-177.

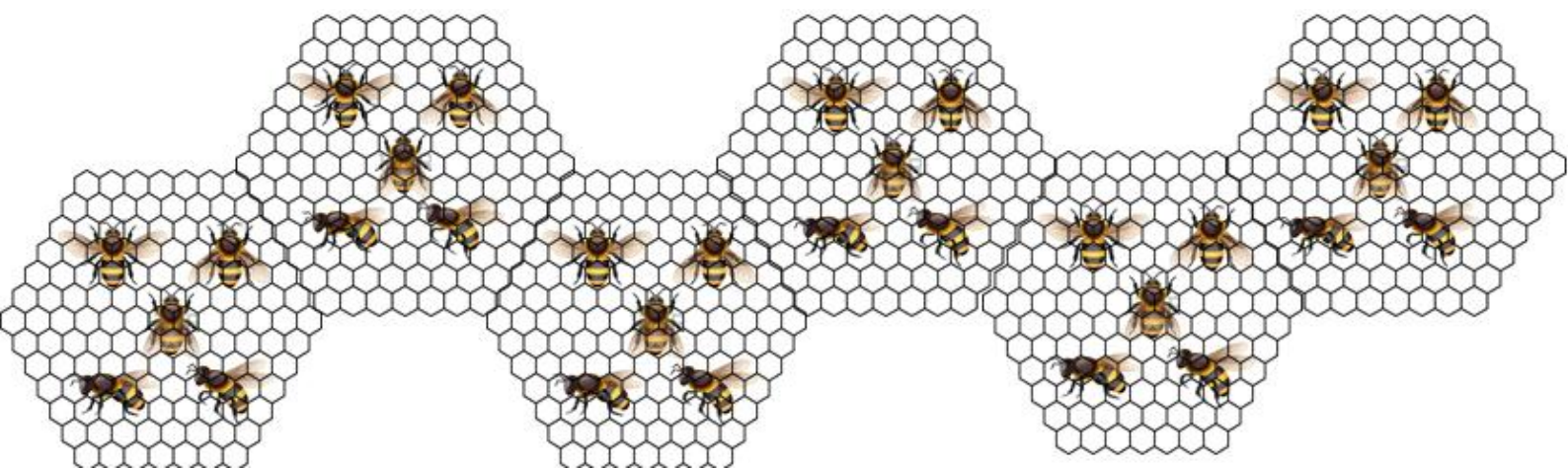
WINSTON, M. L. **The biology of the honey bee**. Cambridge: Harvard University Press, 1987. 281 p.

WINSTON, M. L. Swarming, afterswarming, and reproductive rate of unmanaged honeybee colonies (*Apis mellifera*). **Insectes Sociaux**, v. 27, n. 4, p. 391-398, 1980.

WINSTON, M. L. The biology and management of Africanized honey bees. **Annual Review of Entomology**, v. 37, p. 173-193, 1992.

WOYKE, J. Natural and artificial insemination of queen honey bees. **Pszczelnicze Zeszyty Nauwok**, v. 4, p. 183-273, 1960.

WOYKE, J. Correlations between the age at which honeybee brood was grafted, characteristics of the resultant queens, and results of insemination. **Journal of Apicultural Research**, v. 10, p. 45-55, 1971.



APÊNDICE

Tabela I. Valor mínimo, máximo e médio da temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento obtidas em cada mês do período de maio/2014 a janeiro de 2015 na Fazenda Experimental Rafael Fernandes, Zona Rural de Mossoró-RN

Mês		Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)	Radiação solar (W/m ²)	Velocidade do vento (m/s)
Maio	Mínimo	24,0	26,8	0	0
	Máximo	36,1	96,2	1276	6,12
	Média	27,2	80,2	209	1,2
Junho	Mínimo	20,9	21,9	0	0
	Máximo	35,7	97,8	1277	4,08
	Média	27,4	72,3	234	1,33
Julho	Mínimo	20,5	24,9	0	0
	Máximo	36,5	95,8	1245	4,82
	Média	27,3	72,7	276	1,41
Agosto	Mínimo	21,9	21,3	0	0
	Máximo	35,7	92,8	1179	4,08
	Média	28,1	67,1	245	1,29
Setembro	Mínimo	19,8	13,8	0	0
	Máximo	37	92,2	1277	4,82
	Média	28,3	68,5	253	1,45
Outubro	Mínimo	21,7	10,8	0	0
	Máximo	34,7	91,8	1277	5,02
	Média	27,8	70,2	236	1,31
Novembro	Mínimo	20,3	24,3	0	0
	Máximo	38,7	91,7	1277	6,67
	Média	28,1	72,1	232	1,35
Dezembro	Mínimo	21,4	20,9	0	0
	Máximo	37,9	90,3	1238	5,43
	Média	27,9	69,9	246	3,13
Janeiro	Mínimo	20,7	24,7	0	0
	Máximo	35,8	89,5	1277	6,17
	Média	27,8	71,5	232	3,43

Fonte: Banco de Dados Meteorológicos do Centro Tecnológico de Apicultura e Meliponicultura do Rio Grande do Norte (BDM – CETAPIS).

Tabela II. Total do acumulado de chuva (mm) no período de janeiro a dezembro de 2015 em Mossoró-RN

Acumulado pluviométrico (mm)							
mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
148,6	27,4	3,0	4,8	2,0	3,6	6,1	0,0

Fonte: Estação Meteorológica do Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas (DCAT) da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA).

Tabela III. Peso de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) durante o desenvolvimento ontogenético em colônias expostas ao sol. Mossoró-RN, CETAPIS/UFERSA, 2015

N	Dias do desenvolvimento ontogenético (peso em mg)																
	1*	2*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1				0,15	1,7	13,8	22,1	219,1	204,5	168,9	170,6	183,6	198,8	122,7	153,5	165,3	
2				0,17	1,6	2,2	121,5	182,7	234,4	212,3	149,0	157,7	143,7	129,3	155,2	178,1	
3				0,21	1,5	4,8	100,0	230,4	176,8	171,1	157,8	168,7	172,4	167,5	161,9	204,7	
4				0,10	1,2	14,4	119,1	246,3	192,7	177,1	173,3	180,4	139,0	130,3	137,6	200,4	
5	0,103	0,110	0,110	0,17	1,9	10,3	121,7	172,6	148,2	231,1	189,2	169,9	150,9	186,9	142,5	161,9	
6				0,12	0,8	5,7	113,6	203,9	226,6	220,9	144,9	191,9	172,5	181,5	119,1	137,6	
7				0,17	1,6	9,1	101,8	132,1	157,0	219,5	161,2	128,7	187,2	128,4	132,8	142,5	
8				0,16	1,5	11,2	115,4	197,2	195,0	226,5	157,2	174,4	181,2	142,1	147,0	147,0	
9				0,18	1,8	2,8	85,2	99,0	251,2	181,1	179,5	175,8	179,8	163,4	153,3	156,9	
10				0,18	1,1	9,5	82,4	248,1	181,7	201,5	147,5	208,6	162,5	156,8	142,6	148,2	
11				0,15	2,2	3,7	35,2	117,3	156,6	191,3	180,1	165,5	180,8	129,3	130,3	153,3	
12				0,11	1,8	4,3	24,5	105,2	203,2	169,1	176,9	157,8	157,8	167,5	128,5	142,6	
13				0,19	1,0	8,5	111,7	98,9	245,2	168,9	161,1	167,2	177,9	130,3	164,9	164,9	
14				0,18	1,0	4,4	24,9	151,9	230,9	182,1	189,3	181,1	184,4	219,8	128,2	206,9	
15	0,102	0,100	0,101	0,20	0,8	4,3	20,0	170,8	169,8	201,2	173,5	181,4	160,0	156,6	109,0	191,5	
16				0,17	1,5	8,5	58,3	202,6	225,7	171,3	149,8	167,2	151,1	135,7	113,7	142,1	
17				0,15	0,9	3,7	59,0	198,6	209,8	172,2	174,1	167,9	165,8	144,8	142,0	163,4	
18				0,13	1,8	4,4	44,8	201,1	184,3	220,7	159,2	170,2	135,6	198,2	162,2	153,5	
19				0,19	2,0	2,2	56,2	219,6	206,6	203,1	212,3	200,3	137,7	181,7	119,3	155,2	
20				0,16	1,8	2,8	120,2	97,3	219,2	196,2	168,8	192,9	196,9	211,9	167,5	173,5	
21				0,28	1,9	3,4	110,0	201,8	196,0	210,3	196,4	205,5	174,6	178,5	197,3	143,1	
22				0,11	1,4	7,1	22,4	99,1	83,8	235,1	140,0	180,9	203,2	159,8	181,2	163,0	
23				0,14	1,0	3,6	28,8	141,5	230,3	199,5	151,6	178,7	192,2	141,2	188,2	187,8	
24				0,13	0,9	4,2	54,4	29,1	263,0	184,1	141,1	167,9	218,2	164,5	162,8	140,1	
25	0,102	0,107	0,110	0,16	2,2	5,0	40,7	219,9	151,6	237,4	215,9	209,2	163,4	133,2	163,9	188,4	
26				0,21	1,5	8,2	26,1	207,2	247,2	186,5	202,1	214,0	153,7	179,0	178,8	165,7	
27				0,20	1,8	14,1	28,2	201,7	250,0	197,9	199,1	193,6	189,7	169,6	180,9	146,6	
28				0,10	2,3	6,9	20,9	207,5	225,4	186,5	205,5	145,8	210,8	178,3	164,9	135,5	
29				0,11	2,0	2,6	28,3	239,8	209,5	193,6	215,1	167,4	206,7	168,5	170,2	152,0	
30				0,21	1,9	2,3	33,2	249,6	212,0	208,2	200,8	201,1	156,6	194,9	169,1	160,2	
31		---	---	---	0,29	2,3	4,3	20,5	181,9	208,8	201,1	192,0	179,6	219,5	236,6	158,5	152,7
32		---	---	---	0,22	2,1	3,7	25,6	200,3	199,9	183,5	186,0	163,3	180,0	206,7	172,4	167,9
33		---	---	---	0,28	1,3	4,2	118,1	92,3	176,3	237,1	202,0	199,1	198,6	211,2	175,9	145,2
34	---	---	---	0,16	2,2	5,3	25,2	211,3	193,8	225,8	214,3	204,3	215,6	199,9	167,6	178,2	
35	---	---	---	0,18	1,6	8,0	24,5	228,1	222,1	212,3	180,5	172,1	142,0	163,1	189,8	175,2	
36	---	---	---	0,17	2,0	9,9	36,2	195,6	177,8	162,4	201,8	201,4	159,3	174,1	184,3	188,1	
37	---	---	---	0,19	2,2	7,6	19,0	91,6	234,4	226,6	177,6	147,4	190,9	180,2	192,4	177,5	
38	---	---	---	0,22	2,1	5,3	49,1	110,8	259,9	224,4	153,3	186,5	171,1	204,9	159,0	161,1	
39	---	---	---	0,26	1,4	11,2	99,9	197,4	248,6	187,5	214,9	---	145,4	194,1	186,6	156,6	
40	---	---	---	0,17	2,1	---	44,3	219,3	175,2	167,3	192,2	---	201,7	167,2	187,7	168,8	

* Peso obtido pela média de 10 ovos (3 repetições)

Tabela IV. Peso de rainhas africanizadas (*Apis mellifera*) durante o desenvolvimento ontogenético em colônias sob condições de sombreamento. Mossoró-RN, CETAPIS/UFERSA, 2015

N	Dias do desenvolvimento ontogenético (peso em mg)																
	1*	2*	3*	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1				0,10	2,2	11,1	29,1	173,3	263,3	232,8	149,0	207,9	235,4	207,6	168,3	197,1	
2				0,21	1,6	11,0	102,6	212,6	270,4	244,5	184,6	196,7	184,9	175,3	155,9	201,1	
3				0,20	1,7	6,7	117,8	236,1	222,7	190,8	193,7	220,8	233,3	150,6	153,7	195,4	
4				0,17	2,1	5,7	27,5	232,2	246,1	216,3	192,1	210,2	198,5	200,1	162,5	192,8	
5	0,100	0,100	0,106	0,21	1,8	12,2	120,0	196,9	249,9	254,5	180,7	188,1	194,0	173,9	190,6	200,2	
6				0,17	2,0	5,4	121,8	169,6	211,6	192,6	226,4	188,9	236,9	198,4	161,5	221,2	
7				0,16	2,2	12,9	118,9	211,4	99,7	269,9	189,8	240,4	227,5	198,5	161,4	217,4	
8				0,18	2,0	5,6	31,9	125,2	293,2	226,3	226,3	207,3	196,4	187,9	202,4	192,4	
9				0,18	1,6	5,1	69,2	262,0	257,2	238,1	212,0	213,4	215,1	181,2	174,8	193,2	
10				0,11	2,8	4,4	28,9	246,1	176,1	202,4	203,2	205,8	224,8	225,8	216,5	215,9	
11				0,12	1,1	5,6	27,8	256,3	209,8	215,7	179,2	219,1	229,9	199,5	216,5	187,2	
12				0,19	1,8	11,0	111,2	133,0	234,8	139,4	192,2	240,2	199,5	175,1	178,3	204,3	
13				0,15	2,1	6,1	117,9	168,1	192,0	247,9	190,4	228,3	194,3	163,8	204,5	195,6	
14				0,17	0,9	5,2	91,9	174,4	244,6	223,2	182,0	229,8	234,9	171,2	162,2	195,0	
15	0,104	0,100	0,102	0,16	1,5	4,9	33,4	212,9	298,6	199,7	215,6	225,7	195,5	164,3	177,1	189,9	
16				0,13	2,3	5,6	120,3	199,8	240,2	241,8	233,0	211,8	209,8	182,3	211,1	211,1	
17				0,20	1,7	12,1	117,9	182,6	242,3	231,9	218,9	199,6	216,2	189,9	159,9	217,5	
18				0,21	2,2	6,9	27,9	154,4	232,8	242,7	213,2	207,6	208,1	175,1	163,1	200,9	
19				0,15	2,6	5,3	120,9	219,7	262,5	231,0	209,8	190,4	186,5	182,7	151,9	202,2	
20				0,18	1,6	6,0	43,2	199,1	281,7	229,7	217,9	231,2	206,5	235,5	189,6	178,1	
21				0,22	1,8	4,3	91,4	241,3	247,2	239,8	207,2	233,3	218,4	197,3	207,8	169,9	
22				0,17	1,2	1,1	107,1	88,4	172,5	247,1	238,0	187,7	195,8	210,9	214,4	190,4	
23				0,16	2,4	11,2	32,3	173,6	199,9	189,8	249,0	195,6	211,8	219,1	210,6	179,1	
24				0,13	1,3	6,3	22,5	218,5	215,9	233,8	239,1	209,1	218,4	217,9	222,5	192,3	
25	0,102	0,110	0,109	0,20	2,1	4,2	23,7	93,5	266,2	225,4	235,6	235,8	211,5	207,6	211,3	184,5	
26				0,21	1,8	5,1	36,0	67,6	253,9	219,1	236,6	216,2	214,3	219,7	184,2	192,8	
27				0,20	1,4	3,6	19,2	51,1	169,3	245,5	201,2	198,8	224,5	186,0	197,2	195,6	
28				0,17	2,3	12,1	28,1	168,9	289,5	229,2	209,8	195,4	242,5	195,5	152,5	196,7	
29				0,21	1,7	6,7	33,4	206,0	232,9	194,6	244,2	237,1	256,1	212,7	182,5	167,5	
30				0,26	1,1	5,3	65,1	254,7	252,4	190,8	254,3	208,4	256,5	200,7	184,3	213,9	
31		---	---	---	0,16	1,3	2,9	81,8	196,1	278,1	227,4	129,3	152,3	228,0	201,5	219,0	191,0
32		---	---	---	0,15	1,6	4,8	37,1	182,6	237,9	229,8	221,7	178,6	224,9	202,0	199,7	199,8
33		---	---	---	0,18	1,3	4,9	52,4	136,4	262,5	192,6	199,6	196,6	248,8	248,2	201,0	215,5
34	---	---	---	0,13	1,4	3,7	22,5	201,9	258,2	249,6	258,0	154,3	155,0	223,9	173,1	209,7	
35	---	---	---	0,12	1,3	4,1	26,6	197,2	95,6	227,7	253,2	122,2	187,8	208,3	213,2	198,1	
36	---	---	---	0,20	2,1	7,0	22,4	77,8	198,7	237,1	179,9	232,4	192,7	214,4	214,2	185,9	
37	---	---	---	0,15	1,9	5,4	77,5	61,2	279,4	268,6	231,5	241,1	169,6	230,8	195,0	226,0	
38	---	---	---	0,11	2,0	11,3	52,4	261,8	234,3	212,3	248,4	229,6	179,3	181,1	205,0	---	
39	---	---	---	0,10	2,2	6,6	40,1	106,5	285,6	---	225,0	234,4	235,5	221,2	186,6	---	
40	---	---	---	0,11	1,9	4,6	---	254,4	273,3	---	225,9	---	129,7	239,9	206,8	---	

* Peso obtido pela média de 10 ovos (3 repetições)