



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
UNIVERSIDADE RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**ANTONIO ABREU DA SILVEIRA NETO**

**TOXICIDADE, DIGESTIBILIDADE E GANHO DE PESO DA ABELHA *Apis mellifera*  
ALIMENTADA COM RAÇÃO PROTEICA ALTERNATIVA**

**FORTALEZA**

**2017**

ANTONIO ABREU DA SILVEIRA NETO

TOXICIDADE, DIGESTIBILIDADE E GANHO DE PESO DA ABELHA *Apis mellifera*  
ALIMENTADA COM RAÇÃO PROTEICA ALTERNATIVA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Orientador: Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA

2017

ANTONIO ABREU DA SILVEIRA NETO

TOXICIDADE, DIGESTIBILIDADE E GANHO DE PESO DA ABELHA *Apis mellifera*  
ALIMENTADA COM RAÇÃO PROTEICA ALTERNATIVA

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Aprovado em: 25/09/2017.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. PhD. Breno Magalhães Freitas (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Dr. Francisco Deoclécio Guerra Paulino  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. Raimundo Maciel Sousa  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE

---

Prof. Dr. José Everton Alves  
Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA

---

Dr. Luiz Wilson Lima Verde  
Universidade Federal do Ceará – UFC

À minha esposa, **Giseli Alendes de Souza**, ao meu filho, **Luis Henrique**, meus alicerces, que me fortalecem, estimulam e me incentivam a tornar-me um ser humano melhor, e às minhas mães **Ana Critina, Maria Lia e Marisa Costa** (*in memoriam*), eternos exemplos.

**DEDICO ESTA TESE**

## AGRADECIMENTOS

A Giseli Alendes de Souza, minha esposa, pelo companheirismo, compreensão, paciência, amor e todas as horas dedicadas de ajuda e sacrifícios pessoais na realização e escrita desta tese.

Ao meu filho, Luis Henrique, companheiro durante os meses de escrita, sempre ao meu lado, ajudando-me e incentivando-me.

Às minhas mães, Ana Cristina, Maria Lia e Marisa Costa (*in memoriam*), meus eternos exemplos de luta e superação na vida e nos estudos.

Ao meu pai, Antonio da Silveira Filho, por ter me mostrado a importância dos estudos.

A Luzia Alendes, que foi mais do que uma sogra, apoiando-me, incentivando-me, acreditando em mim e ajudando-me com toda a logística em Fortaleza para que eu só tivesse a preocupação de estudar.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela possibilidade da continuidade do ensino, desde a graduação até o curso de doutorado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa no início do curso, o que possibilitou a realização das disciplinas.

Ao professor e orientador PhD. Breno Magalhães Freitas, pela confiança, oportunidade, compreensão, ensinamentos, amizade e conselhos que ajudaram, desde minha graduação até hoje, na minha formação acadêmica.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Francisca Bezerra, por toda a paciência e informações passadas no decorrer da minha formação.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Zootecnia e do Setor de Abelhas (UFC).

Aos amigos de Pós-graduação e do Grupo de Pesquisa com Abelhas da UFC, com os quais tive a felicidade de conviver e aprender: Antonio Diego, Leonardo Gurgel, Jânio Félix, Epifânia Macêdo, Nayanny Fernandes, Elton Melo, Gercy Soares, Isac Bonfim e Valdênio Mendes.

À professora Dr<sup>a</sup>. Cláudia Inês, pelos ensinamentos, boa vontade, paciência nas orientações e disposição para ajudar.

À gestão do Campus Pau dos Ferros do Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), nas pessoas da Diretora Acadêmica, Amélia Reis, e da Diretora Geral, Antonia Francimar, por toda a ajuda ofertada para a condução da presente tese.

Aos professores do Curso Técnico de Apicultura do Campus Pau dos Ferros do IFRN, Luciene Xavier, Ivan Júnior, Michelle Guimarães e Parmênedes Brito, pela ajuda no meu afastamento para a conclusão desta tese.

Aos técnicos do Curso Técnico de Apicultura do Campus Pau dos Ferros do IFRN, Júnior Sales e Jackson Queiroga, pela inestimável ajuda nos experimentos de campo e laboratório.

A todos os servidores e funcionários do Campus Pau dos Ferros do IFRN, que me ajudaram durante todo o curso de doutorado.

Aos meus alunos do laboratório 91, Hugo Leonardo, Líllian Costa, Yahick Noah e Irton Mateus, pela impagável ajuda dada para a realização deste trabalho.

A Dayane Lins e Bianca Fernandes, minhas amigas e “filhas”, por acreditarem em mim e ajudarem não só nessa tese, mas na minha vida acadêmica e profissional, sempre disponíveis a contribuir.

Ao amigo, Professor Dr. Raimundo Maciel Sousa, por todos os ensinamentos, oportunidades e amizade tanto na vida pessoal quanto profissional.

Ao grande amigo Felipe Moraes, pela ajuda e suporte dados na construção desta tese.

Aos senhores Hermes e Janduís de Portalegra, por estarem sempre solícitos a ajudar, com muita boa vontade, sem medir esforços.

Ao amigo e apicultor Ari Maia, pela ajuda na logística deste trabalho, com a disponibilização das instalações de seu sítio, dos seus apiários e colônias, para a condução dos experimentos desta tese.

A Antônio Lisboa, por mergulhar de cabeça e resolver todos os desafios que eu apresentava para a condução desta tese.

E a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, participaram e/ou contribuíram para a realização deste trabalho.

“... o impossível é só questão de opinião...”

(Alexandre Abrão e Thiago Castanho)

## RESUMO

A abelha *Apis mellifera* normalmente obtém das flores os nutrientes que precisa para sobreviver e desenvolver suas colônias. Na ausência de flores, os apicultores recorrem a ingredientes obtidos no mercado para elaboração de rações. No entanto, muitos desses ingredientes podem ser tóxicos para as abelhas se utilizados em grande quantidade ou simplesmente não produzirem os resultados esperados. Este trabalho teve como objetivos identificar, entre alguns dos ingredientes proteicos mais usados pelos apicultores, aqueles que propiciem maior longevidade às abelhas; formular, a partir deles, uma ração com 25% de proteína bruta (PB); verificar a campo seu consumo pelas abelhas, bem como o desenvolvimento da área total de crias; e, em laboratório, testar sua toxicidade e digestibilidade. Os ingredientes testados foram o pólen, o extrato de soja, um suplemento alimentar, albumina e leite em pó. Estes foram testados quanto à sua toxicidade, e o extrato de soja e a albumina apresentaram menor potencial tóxico do que os demais. Com base nos dados obtidos, foi formulada uma ração experimental com 25% de proteína bruta (PB), que possuía 79,44% de extrato de soja e 20,56% de albumina. Ela foi comparada com uma ração comercial (com o mesmo nível de PB), pólen e um tratamento testemunha, que só recebeu xarope de água e açúcar, para a toxicidade, digestibilidade e ganho de peso das abelhas confinadas. Não houve diferença estatística ( $p < 0,05$ ) entre nenhum desses parâmetros testados. O desempenho das rações foi testado a campo através do seu consumo, do desenvolvimento da área de crias e da análise econômica. Para os dois primeiros parâmetros, não foi observada nenhuma diferença estatística ( $p < 0,05$ ) e a ração experimental demonstrou ser mais viável, pois apresentou menor consumo para manutenção das colônias. Concluiu-se que nenhuma das duas rações demonstrou capacidade para o desenvolvimento das crias e manutenção das abelhas adultas no período de escassez de alimentos. Entretanto, a ração comercial não deveria ser recomendada a apicultores, pois apresentou uma taxa de abandono de 50%. A utilização da ração experimental por produtores só seria possível se as colônias alimentadas apresentassem reservas acumuladas ou houvesse no local de instalação do apiário recursos florais na entressafra.

**Palavras-chave:** Alimento para abelhas. Proteína bruta. Desenvolvimento das crias. Manutenção das abelhas.

## ABSTRACT

The *Apis mellifera* bee usually obtains the nutrients it needs to survive and develop its colonies from the flowers. In the absence of flowers, bee-keepers resort to ingredients obtained in the market for the elaboration of feeds. However, many of these ingredients can be toxic to bees if used in large quantity or simply if they do not produce the expected results. The objective of this work was to identify, among some of the protein ingredients most used by bee-keepers, those that provide greater longevity for the bees; to formulate, based on them, a feed with 25% crude protein (CP); to verify, in the field, their consumption by the bees, as well as the development of the total brood area; and, in the laboratory, to test their toxicity and digestibility. The ingredients tested were pollen, soybean extract, a food supplement, albumin and powdered milk. These were tested for their toxicity. As a result, the soybean extract and the albumin showed less toxic potential than the others. Based on the data obtained, an experimental feed with 25% crude protein (CP) was formulated. It had 79.44% of soybean extract and 20.56% of albumin. It was compared – for the toxicity, digestibility and weight gain of the confined bees – to a commercial feed (with the same CP level), to pollen and to a controlled treatment, which only received water and sugar syrup. There was no statistical difference ( $p < 0.05$ ) between any of these parameters. The performance of the feeds was tested in the field according to its consumption, the development of the brood area and the economic analysis. For the first two parameters, no statistical difference was observed ( $p < 0.05$ ) and the experimental feed was more viable, since it presented lower consumption for colonization maintenance. It was concluded that neither of the two feeds demonstrated capacity for the development of the brood and maintenance of adult bees during the period of food shortage. However, the commercial feed should not be recommended to bee-keepers, since it presented a 50% abandonment rate. The use of the experimental feed by producers would only be possible if the colonies fed had accumulated reserves or if there were floral resources in the off season at the place of installation of the apiary.

**Key-words:** Food for bees. Crude protein. Development of the brood. Maintenance of honeybees.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	(A) Quadros de crias de colmeias de <i>Apis mellifera</i> com operárias prestes a emergirem em uma estufa B.O.D. (B) Gaiola de madeira, contendo abelhas alimentadas com diferentes dietas, com laterais de vidro para facilitar a visualização e piso telado que auxiliava na higienização.....	49
Figura 2-	(A) Vidros de coloração âmbar de 20 ml, com tampas de conta gotas que foram cortadas e perfuradas para facilitar o fornecimento da água e alimentação energética. (B) Tampas plásticas de coloração vermelha, utilizadas para o fornecimento da alimentação sólida.....	50
Figura 3-	Curva da taxa de mortalidade de abelhas submetidas aos tratamentos com os ingredientes T1: testemunha; T2: pólen; T3: extrato de soja; T4: suplemento alimentar; T5: albumina; T6: leite em pó, criadas em gaiolas nas condições de laboratório.....	53
Figura 4-	Imagem do mapa com a localização do município de Pau dos Ferros no Estado do Rio Grande do Norte.....	62
Figura 5-	Gaiola com abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> alimentadas com diferentes dietas. (A) Vidros de coloração âmbar com tampas perfuradas e instalados de ponta-cabeça na parte superior das gaiolas para oferta de água e alimentação energética. (B) Gaiola de madeira e laterais em vidro para facilitar o manejo das abelhas. (C) Tampa plástica vermelha colocada no centro da parte inferior das gaiolas para o fornecimento das rações proteica e do pólen.....	64
Figura 6-	Curva da taxa de mortalidade de abelhas <i>Apis mellifera</i> mantidas, de outubro a dezembro de 2016, em Pau dos Ferros, RN, em gaiolas sob condições de laboratório recebendo diferentes rações T1: testemunha; T2: pólen; T3: ração comercial; T4: ração experimental.....	68
Figura 7-	Sítio Lagoinha, bairro Riacho do Meio, Pau dos Ferros – RN. (A) Sede do Sítio. (B) Apiário do Sítio.....	77
Figura 8-	Rações experimental e comercial embaladas em papel alumínio e acondicionadas no freezer, por 24 horas, até serem fornecidas às colônias experimentais.....	79

Figura 9-	Colônias de abelhas africanizadas ( <i>Apis mellifera</i> ), localizadas na caatinga durante o período de entressafra. (A) Padronização das colônias com três quadros de cria de operária e as abelhas aderentes. (B) Identificação das colmeias com numeração e colocação de alimentador tipo Bordmann.....	80
Figura 10-	Colônia experimental de abelhas africanizadas <i>Apis mellifera</i> localizada na caatinga no período de seca, contendo alimento energético no alvado e protéico por sobre os quadros.....	81
Figura 11-	Suporte de madeira utilizado para a medição das áreas de crias das colônias experimentais no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN, no período de 21 de outubro a 12 de dezembro de 2016.....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Médias e desvios-padrão do Índice Mortalidade (IM) e Tempo Médio de Mortalidade (TMM) de operárias de <i>Apis mellifera</i> alimentadas com diferentes tratamentos, observados de julho a outubro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.....	52
Tabela 2-	Médias e desvios-padrão do Índice de Mortalidade (IM) (abelhas/dias) e Tempo Médio de Mortalidade (TMM) (dias) das rações administradas a operárias de <i>Apis mellifera</i> confinadas em gaiolas sob diferentes dietas, observados de outubro a dezembro de 2016 em Pau dos Ferros, RN.....	67
Tabela 3-	Médias e desvios-padrão da digestibilidade (%) e ganho ou perda de peso (mg) das africanizadas <i>Apis mellifera</i> alimentadas com as rações por tratamento, mantidas em gaiolas sob condições de laboratório e observadas de outubro a dezembro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.....	69
Tabela 4-	Médias e desvios-padrão do consumo semanal e total (g/colônia/semana) das rações comercial e experimental por abelhas <i>Apis mellifera</i> , nas semanas de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.....	84
Tabela 5-	Médias e desvios-padrão da área total de cria (cm <sup>2</sup> ) das colônias de <i>Apis mellifera</i> alimentadas somente com xarope de água a açúcar (T1- Testemunha), ração comercial (T2) e ração experimental (T3), no período de entressafra de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.....	86
Tabela 6-	Preço de produção (R\$), custo semanal para manutenção de uma colônia de abelhas africanizadas ( <i>Apis mellifera</i> ) (R\$) e taxa de abandono de colmeias (%) das rações comercial e experimental e a testemunha, nas semanas de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.....	87

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>ÍNDICE E TEMPO MÉDIO DE MORTALIDADE DE OPERÁRIAS DE <i>Apis mellifera</i> ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO INGREDIENTES USADOS EM RAÇÕES PROTEICAS.....</b>	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>TOXICIDADE, DIGESTIBILIDADE E GANHO DE PESO DE <i>Apis mellifera</i> ALIMENTADAS COM RAÇÕES PROTEICAS.....</b>	<b>58</b>
<b>5</b>	<b>CONSUMO, ÁREA DE CRIA E CUSTOS DE RAÇÕES PROTEICAS PARA COLÔNIAS DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i>.....</b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>89</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>90</b>

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desmatamento da mata nativa vem afetando as espécies vegetais, levando à redução ou até extinção em algumas áreas. Desta forma, a capacidade de suporte das comunidades para o fornecimento de recursos florais para abelhas é afetada principalmente no período de escassez de alimento. Associado a isso, destaca-se negativamente a capacidade técnica dos apicultores que negligenciam às abelhas a oferta de recursos básicos, como água, sombra e principalmente alimentação artificial, o que acarreta um alto nível de abandono das colmeias por parte das colônias.

Nesses casos, a alimentação artificial é fundamental para a manutenção das colônias, sendo a proteica a responsável pelo desenvolvimento dos óvulos, glândulas e musculatura das crias, síntese de proteínas e longevidade das abelhas adultas, ao passo que a energética é fundamental para o fornecimento de energia que é utilizada na síntese de matéria orgânica, na contração muscular e ajuda na transmissão dos impulsos nervosos e produção de cera. Atualmente, o principal substituto para a alimentação energética utilizada pela maioria dos apicultores é o xarope de água com açúcar (com as mais diversas concentrações dos dois ingredientes). Já as pesquisas com rações apícolas proteicas levam em conta fatores como palatabilidade, deterioração, disponibilidade no mercado, custos de produção e valor nutricional.

A *Apis mellifera*, como qualquer outro animal, necessita de nutrientes vitais para a sua sobrevivência, desenvolvimento e reprodução, consome água, do néctar e do mel obtém suas necessidades energéticas (carboidratos) e do pólen retira os aminoácidos, lipídeos, vitaminas e sais minerais. As abelhas são animais holometabólicos, ou seja, durante seu ciclo de vida, têm diferentes necessidades nutricionais. Isso acontece porque passam por uma metamorfose completa (de ovo a pupa), como também porque desenvolvem na fase adulta diversas atividades dentro da colônia (polietismo temporal) e fora dela (reprodução e forrageamento), cada uma delas demandando uma quantidade diferente de nutrientes.

Desta forma, na tentativa de disponibilizar informações que ajudem no desenvolvimento de uma ração que evite abandonos nos períodos de escassez, seja acessível a apicultores e atenda à maioria das necessidades nutricionais da abelha *Apis mellifera*, este trabalho tem como objetivos: testar a toxicidade de ingredientes encontrados no comércio; formular, a partir destes, uma ração com 25% de proteína bruta; verificar o seu consumo pelas abelhas em condições de campo, bem como o desenvolvimento da área total de crias; em laboratório, testar sua toxicidade e digestibilidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### ALIMENTOS DAS ABELHAS

#### Néctar e mel

O néctar é uma substância açucarada, composta por sacarose, glicose e frutose, que é secretada e retirada dos nectários das flores pelas abelhas e levada até a colônia, constituindo a matéria prima do mel (PAULINO, 2008). Diferentemente da seiva elaborada que circula pelo floema, o néctar que é ofertado nos nectários sofre transformações bioquímicas para resultar em uma solução de água e açúcar que chega a apresentar de 4 a 70% de carboidratos. Contém, dentre outras substâncias encontradas em pequenas proporções, minerais, vitaminas, ácidos orgânicos, óleos essenciais e flavonoides, cujos percentuais variam de acordo com a planta, como a sua fisiologia, sua genética e com fatores edafoclimáticos locais (COELHO, *et al.*, 2008).

O néctar pode ser secretado em qualquer momento (do dia e da noite). No entanto, essa característica está relacionada ao local, ao horário, à idade e ao tamanho da flor e/ou de acordo com as condições ambientais. Os comportamentos de forrageamento das abelhas, como frequência da visita, o número de flores visitadas e o tempo de duração das visitas, são determinados pela disponibilidade e distribuição do néctar entre as flores (LONGO; FISCHER, 2006).

A necessidade de néctar demandado por uma colônia vai depender da quantidade de indivíduos da colônia (crias e adultos), da concentração dos açúcares presentes nele e do acesso ao nectário (PEREIRA, 2005). A composição dos açúcares no néctar pode ser encontrada da seguinte forma: predominância ou apenas sacarose; proporções aproximadas de glicose, frutose e sacarose; e predominância de glicose e/ou frutose (WINSTON, 2003).

A preferência de açúcares do néctar pelas abelhas *Apis mellifera* é a seguinte: sacarose, glicose, maltose e frutose. Entretanto, o que atrai as abelhas para a coleta do néctar é a concentração total de açúcares, ou seja, quando dispõe de escolha, a *Apis mellifera* é capaz de identificar e coletar os néctares com uma quantidade mais alta de açúcares ao invés daqueles de sua preferência (CRANE, 1983).

Condições ambientais, como a temperatura e a umidade, afetam as características dos néctares ofertados dentro do mesmo dia, influenciando a quantidade de sacarídeos e seu fluxo. Um exemplo é o estresse hídrico, que irá reduzir a produção de néctar. Desta forma, o

mais importante em uma fonte de néctar é a energia produzida ao longo do dia, ou seja, a quantidade de açúcar produzida dependente do teor de água. A *Apis mellifera* consegue adaptar seu comportamento de forrageamento a essas constantes mudanças alcançando uma coleta energeticamente eficiente (WAINSELBOIM; FARINA, 2000).

Uma carga completa de néctar pesa 40 µg e, para coletá-la, uma operária necessita visitar, dependendo da época do ano, até 1000 flores durante 10 a 150 viagens que duram de 20 a 150 minutos (WINSTON, 2003). Para satisfazer a necessidade da colônia por mel, as abelhas podem fazer aproximadamente 3 milhões de viagens de forrageamento, com um retorno energético de 10:1 (SEELEY, 2006).

A interação entre a abelha e a flor visitada pode seguir a abordagem clássica da síndrome ou modificar-se para comportamentos específicos. O néctar, por exemplo, pode estar escondido em determinada parte floral, para não ser desperdiçado por visitantes não polinizadores. Entretanto, ao chegar na flor, a operária comporta-se de forma adequada à sua exploração, utilizando a probóscide para obter o néctar, sugando-o e armazenando-o em sua vesícula melífera (PINHEIRO, *et al.*, 2014). Desde o momento da coleta até ao retorno ao ninho, as abelhas adicionam ao néctar três enzimas originadas da glândula hipofaríngea: a invertase, a diastase e a glicose-oxidase. As enzimas quebram as moléculas de açúcares compostos (principalmente a sacarose) em moléculas mais simples (glicose e frutose), de mais fácil armazenamento, digestão e com maior resistência ao ataque de microorganismos (WINSTON, 2003).

Em geral, quando uma abelha retorna do forrageamento, ela entrega a carga de néctar às abelhas mais jovens que irão processá-lo em mel. Isso pode acontecer de forma rápida, estimulando-a a retornar ao campo e coletar mais néctar, ou ainda, esta pode ficar parada, esperando por abelhas para receberem a carga. Essa situação geralmente acontece em períodos de grande fluxo de néctar, quando as abelhas de casa estão com a vesícula melífera cheia e recusam-se a receber mais alimento, levando a uma redução da coleta de recursos pela colônia (CRANE, 1983).

A alta eficiência em informar o local de alimentos é uma das características da abelha *Apis mellifera*. Quando uma nova fonte de alimento é descoberta, prontamente a colônia direciona suas forrageadoras para assegurar a coleta no novo local, podendo até abandonar e/ou trocar o antigo local se a fonte de néctar fornecer um maior ganho energético. A dança é a forma utilizada para apontar o local da fonte de recursos e recrutar o maior número de indivíduos possíveis. As abelhas que acompanham a dança obtêm informações, como distância para fonte de alimento, direção, odor, sabor e quantidade de açúcar. As abelhas que seguem a dançarina,

após receberem uma gota de alimento, ficam com a antena estendida para receber informações e manterem o contato. Salienta-se ainda que quanto maior o valor energético da fonte, mais insistente será a dança da abelha recrutadora (SEELEY, 2006).

Outros fatores também influenciam a coleta de néctar por parte da *Apis mellifera*, como: características genotípicas (características genéticas integradas com as do meio ambiente), qualidade e quantidade do recurso e condição de desenvolvimento da colônia (PANKIW; RUBINK, 2002).

Para transformar-se em mel, o néctar passa por dois processos, o químico (com adição de enzimas) e o físico (desidratação) (SANTOS; MARTINS; SILVA, 2010).

Na transformação química, as enzimas da glândula hipofaríngea (diastase, invertase e glicose-oxidase) são adicionadas ao néctar. A diastase quebra o amido, mas sua função fisiológica no mel ainda não é bem esclarecida, porém acredita-se que esteja envolvida na digestão do pólen presente no mel. Já a invertase atua na quebra das moléculas de sacarose, resultando em glicose e frutose. A glicose-oxidase, por sua vez, vai reagir com a glicose formando ácido glicônico (maior ácido do mel) e peróxido de hidrogênio, o qual protege o mel da oxidação na colônia (CRANE, 1983).

Quanto ao processo físico ou de desidratação, ele é iniciado quando as campeiras entregam o néctar às abelhas que processam o alimento. A carga transportada pela forrageadora é geralmente distribuída por duas ou três abelhas, que vão buscar uma parte mais despovoada da colônia; com a cabeça elevada, estende e retrai a probóscide, retirando, assim, a umidade do néctar. Depois de 20 minutos, ela deposita o néctar parcialmente desidratado no alvéolo (o conteúdo de água no néctar pode ser diminuído de 40 a 55%). O próximo passo é a evaporação do restante da água dentro dos alvéolos. Esse processo é feito através da ventilação dos alvéolos e, dependendo da origem do néctar, ele vai estar concluído de três a 21 dias (CRANE, 1983). Desta forma, o néctar que apresenta geralmente de 20 a 40% de açúcares passa a apresentar de 75 a 87% de água, permitindo a sua conservação por um período de tempo maior (COUTO, R. e COUTO, L., 2006).

## **Melato**

A coleta de várias outras substâncias, como xaropes, sucos, refrigerantes, secreções de partes vivas das plantas e excreções de insetos, é comum para a *Apis mellifera* (PEREIRA, 2005). Os insetos que disponibilizam essas excreções açucaradas, que são coletadas por *A. mellifera*, são os homópteros, afídeos (pulgões), cochonilhas e cigarrinhas, que se alimentam

da seiva vegetal. O mel produzido a partir dessas origens é chamado de pseudo-mel, mel de melato, melato ou honeydew (COUTO, R. e COUTO, L., 2006).

O mel de melato difere do mel floral em diversos aspectos físico-químicos, dentre os quais está o menor teor de glicose (o que dificulta a sua cristalização) e frutose, a maior concentração de oligossacarídeos, de cinzas, o pH e o teor de nitrogênio (CAMPOS *et al.*, 2003).

No que diz respeito aos açúcares presentes no mel de melato (além dos encontrados nos florais), destacam-se ainda a levulose, a dextrose e a melezitose, muito provavelmente devido às enzimas adicionadas pelos insetos sugadores. A melezitose, por exemplo, nunca foi isolada em vegetais, comprovando que sua origem possivelmente é dos insetos (DONER, 1977).

Campos *et al.* (2003) relatam que um apiário em Içara-SC exportou esse mel de melato a um preço de US\$ 1.400,00 por tonelada, demonstrando o potencial produtivo do mel de melato na apicultura.

### **Pólen e pólen apícola**

O grão de pólen serve como veículo do gameta masculino, responsável pelo transporte da informação genética masculina e alimento de diversos insetos, dentre eles as abelhas. A composição do pólen coletado pelas abelhas de uma colônia é bastante diversificado quanto às espécies vegetais, já que as abelhas exploram diferentes espécies de plantas e em frequências que variam diariamente (MILFONT; FREITAS; ALVES, 2010). A sua composição química é principalmente proteica (2,5 – 61%), contém lipídeos (1 – 18%), amido (0 - 22%) e outros açúcares (menos de 1%), além de minerais, como o fósforo, vitaminas e água. A quantidade de proteína contida no grão está mais relacionada com a proteção contra a radiação ultravioleta e germinação/crescimento do tubo polínico. As abelhas coletam o pólen de duas formas: a passiva, quando o grão se adere à superfície do corpo, devido às suas propriedades adesivas, com baixo custo energético para a abelha e para a planta; e a ativa direcionada, quando as abelhas coletam pólen diretamente das anteras utilizando o aparelho bucal ou outras partes do corpo (AGOSTINI; LOPES; MACHADO, 2014).

O pólen apícola é a maior fonte de proteínas, lipídeos, minerais e vitaminas para a colônia e é utilizado para a alimentação de crias e nutrição de abelhas jovens. Atuando no desenvolvimento muscular normal, glandular e tecido adiposo, sua composição química está diretamente ligada à espécie vegetal, condições ambientais locais, estação do ano (e em

diferentes anos), idade e ao estado da planta que está produzindo o pólen (BARRETO, *et al.*, 2006).

Para Couto (1998), os valores proteicos do pólen variam entre 6 e 40% e os lipídeos entre 5 e 20% (nunca estando abaixo dos 5%). Já estudos realizados com árvores frutíferas na Europa demonstraram que o valor proteico dos pólenes variou entre 8 e 40%, sendo o mais rico o de *Pinus* sp. (SANFORD, 1996).

No pólen ainda podem ser encontradas outras substâncias, como ácidos graxos (23,6%), ácido linoleico (39,4%), carboidratos (38,2%), dos quais 31% são açúcares totais, 7,2% de celulose e proteína (10 - 35%), afora as mais de 80 enzimas identificadas, com destaque para catalase, fosfatase, redutase e lactase. Dentre as vitaminas, a cada 100 gramas de pólen podem-se encontrar 50mg de vitamina A, 10mg de vitamina B1, 10mg de vitamina B2, 20mg de vitamina B3, 120mg de vitamina B5, 5mg de vitamina B6, 80mg de vitamina C, 100mg de vitamina E, 690mg de colina e 50mg de vitamina P. No pólen pode haver ainda cerca de 15 elementos minerais necessários à saúde humana, como ferro, iodo, cobre, zinco, manganês, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, níquel, estrôncio, estanho, boro, fluor e vanádio, além de 2,74% de flavonas. Outras características podem estar presentes no pólen, como a presença de antioxidantes como os polifenóis (8,2 mg/g), pH de aproximadamente 5,1, teor de cinzas de aproximadamente 2,8% e umidade de 23,6%, matéria seca (76,3%) (LEGLER, 1999, 2000; KROYER; HEGEDUS, 2000; CAMPOS, 2015).

A quantidade de pólen requerida anualmente por uma colônia varia dependendo da sua localização, tamanho e fontes florais do local. E os requerimentos nutricionais serão dependentes de fatores, como a temperatura do ar, o pH e a fertilidade do solo (TURCATTO, 2011).

Uma colônia de abelhas melíferas necessita de aproximadamente 130 mg de pólen para criar cada uma das suas abelhas. Para isso consumirá em média de 20 a 60kg/ano (1,3 milhões de viagens). A carga média de pólen coletada por uma abelha forrageira é de 10 a 30mg (especialmente no período da manhã), necessitando visitar de uma a 500 flores, fazendo de 10 a 15 viagens/dia e levando de 10 a 187 minutos/viagem (WINSTON, 2003; COUTO, R. e COUTO, L., 2006; SEELEY, 2006).

Ao contrário do mel, o pólen não é armazenado na colônia em grandes quantidades, diminuindo rapidamente no período de escassez de alimentos e estimulando as abelhas a comportamentos como o canibalismo e o aumento do raio de forrageamento (SCHMICKL; CRAILSHEIM, 2001, 2002).

No forrageamento por pólen, as abelhas melífera realizam movimentos com a mandíbula, removendo o recurso da antera e adicionando mel ou néctar e saliva. Posteriormente, transferem o pólen com a ajuda dos pêlos presentes nas pernas, até aglutinarem todos os grãos obtidos nas corbículas, e transportam-no até a colônia. Ao retornarem à colônia, o pólen é transferido aos alvéolos, onde serão compactados e servirão de reserva (PERNAL; CURRIE, 2001; WINSTON, 2003; NORDI; BARRETO, 2016).

Após ser colocado nos alvéolos, o pólen recebe secreções da glândula mandibular (ácido 10-hidroxidecenóico ou 10-HDA), que previne a germinação do mesmo. Receberá ainda néctar e/ou mel regurgitado, para produzir o “pão de abelha”, que é diferente do pólen fresco, desidratado ou congelado, por apresentar menor pH e quantidade reduzida de amido, além de ser mais nutritivo. A mudança na qualidade (produção de vitaminas) está relacionada à fermentação láctea bacteriana, provocada pelos microrganismos presentes no mel e originados no estômago das abelhas (dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*) (SALLES; GRACIOLI, 2002; BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

O mecanismo de controle de forrageamento de pólen é controverso, pois as crias servem como um fator positivo para aumentar o número de campeiras, de viagens por unidade de tempo bem como o tamanho da carga. Já o excesso de pólen serve como um estímulo negativo que diminui a atividade de forrageamento. Colônias de abelhas africanizadas conhecidamente disponibilizam mais operárias para forragear por pólen. Colônias que coletam mais pólen são mais sensíveis aos feromônios das crias, apesar de eles servirem apenas de sinal para os adultos e não para estimular o forrageamento (DRELLER; TARPY, 2000; PANKIW; RUBINK, 2002).

Uma possível explicação para o recrutamento de abelhas para o forrageamento é que o pólen é depositado próximo às crias e estes locais servem para que as campeiras avaliem as necessidades da colônia. É provável que nesse momento em que as operárias caminham sobre as crias, aquelas percebam os feromônios destas e pelo contato iniciem a atividade de forrageamento (o que implica dizer que o feromônio das crias é volátil e mais eficiente pelo contato). Ao percorrer os alvéolos vazios (sem pólen), pode também haver um estímulo ao forrageamento (pois a demora em encontrar estes locais, mais o tempo percorrendo os favos, provocaria a busca por pólen). Entretanto, as reservas de pólen podem não ser percebidas pelas forrageiras, mas pelas nutrízes, que regulam o comportamento de forrageamento através do nível de proteína da alimentação fornecido pelas campeiras (quanto maior o nível proteico, menor a busca por pólen) (SEELEY, 1989; CAMAZINE, 1993; SEELEY; TOVEY, 1994; DRELLER; TARPY, 2000).

## Alimento Larval

O alimento larval consiste de uma mistura de secreções das glândulas hipofaringeana e mandibular. A glândula hipofaringeana produz um componente claro que é possivelmente misturado com mel, enzimas digestivas, água e um componente branco (lácteo) da glândula mandibular. As operárias são alimentadas durante os dois primeiros dias com 20 a 40% do componente branco e 60 a 80% do claro. Para zangões, aparentemente há uma diferença na composição da alimentação em relação às operárias, pois, além de receberem em maior quantidade, é provável que seu alimento apresente uma maior quantidade de proteínas. Já para rainhas, o alimento de cria é fornecido em maior quantidade e qualidade do que os demais adultos (WINSTON, 2003).

A alimentação das larvas de abelhas melíferas é crescente, com diferentes tipos de geleia real, dependendo do sexo, casta e da idade. Sua composição é influenciada pelas secreções de suas glândulas produtoras. Enquanto a larva de rainha recebe apenas geleia real, operárias e zangões recebem uma mistura desta com pólen e mel obtidos da própria colônia (VEZETEU, *et al.*, 2017).

A glândula hipofaringeana faz parte do sistema salivar, pois termina na região oral das abelhas melíferas. Na *Apis mellifera*, elas são a origem de parte do alimento larval e caracterizam-se por apresentar cachos longos (de aproximadamente 1 cm de comprimento), que se enrolam sobre o cérebro, permitindo a ligação de muitas células secretoras. O conjunto de unidades secretoras, por sua vez, não apresenta ligação entre si e tem formato esférico, sendo denominados ácinos ou alvéolos (constituídos por uma média de cinco células). Eles desembocam em canalículos individuais, vão destes para um ducto central e finalmente para a boca. Nas operárias, eles têm sua função plena na fase de nutriz e se degeneram nas campeiras. Dependendo muito ainda do estado populacional das colônias, essa funcionalidade pode variar do sétimo ao vigésimo primeiro dia após a emergência (CRUZ-LANDIM, 2009).

A glândula hipofaringeana alcança o seu desenvolvimento máximo com aproximadamente cinco dias após a emersão da operária. Para garantir o crescimento de sua estrutura, é necessária uma dieta rica em proteínas. Apesar de muito importantes, as proteínas sozinhas não garantem o desenvolvimento da glândula hipofaringeana, sendo necessário um elevado teor de aminoácidos essenciais, além de uma dieta rica em lipídeos, vitaminas e sais minerais. Conforme se pode notar, a diversidade de pólen ou alimentos proteicos consumidos pela colônia auxiliam no desenvolvimento das glândulas por parte das abelhas nutrizas (OMAR, *et al.*, 2016).

As glândulas mandibulares nas abelhas também pertencem ao sistema salivar, apresentam funções diferentes nas castas de *Apis mellifera*, estão presentes em número par, localizada uma de cada lado da cabeça, e têm sua porção secretora e de reservatório. Os orifícios excretores ficam localizados na parte interna da membrana que articula a mandíbula à cabeça. Nas rainhas, as glândulas secretam principalmente os ácidos 9-oxidecenóico (9-ODA) e 9-hidroxidecenóico (9-HDA), responsáveis por atrair as operárias e integrar o comportamento entre as duas castas. Já nas operárias, as glândulas produzem o 10-HDA (ácido hidroxidecenóico), pela produção do alimento larval e prevenção da germinação do pólen, e 2-heptanona (2-HTP), que possui a função de alarme e defesa (SALLES; GRACIOLI, 2002).

A geleia real fornecida às larvas e à rainha de *Apis mellifera* é composta físico-quimicamente por aproximadamente 50 a 60% de água, 18% de proteínas, 15% de carboidratos, 3 a 6% de lipídeos, 1,5% de sais minerais e vitaminas, compostos bioativos (VIUDAMARTOS, *et al.*, 2008; SILVEIRA NETO, 2011).

Os lipídeos presentes na matéria seca da geleia real variam em uma concentração de 8 a 19%, representando um dos componentes mais importantes da geleia real. São compostos por 80 a 90% de ácidos orgânicos livres, com destaque para o ácido 10-hidroxidecenóico ou 10-HDA (SABATINI, *et al.*, 2009).

As principais proteínas encontradas na geleia real também estão presentes no pólen armazenado nos favos das colônias (pão de abelha), que são metabolizadas pela ingestão das mesmas e secretados pela glândula hipofaríngea das abelhas nutrízes. Entretanto, abelhas forrageiras também podem produzir uma geleia real mais proteica, dependendo das condições da colônia, como, por exemplo, quando há uma maior necessidade de alimentação das crias. A produção de proteínas para a geleia real está relacionada com a idade da nutriz, pois quanto mais jovem, maior será sua produção. Em colônias sem rainha, operárias “poedeiras” produzem geleia real com os mesmos níveis de proteínas que nutrízes (BUTTSTEDT; MORITZ; ERLER, 2013).

É indiscutível a importância proteica da geleia real para as abelhas, pois esta ajuda no desenvolvimento glandular e principalmente muscular das larvas, que tem um crescimento exponencial durante os quatro a cinco primeiros dias de vida, aumentando aproximadamente mais de mil vezes em relação ao peso do ovo. Apesar de não estar clara a função das proteínas na nutrição das larvas, estas podem sobreviver até quatro dias sem geleia real e proteínas, morrendo logo em seguida (HUANG, 2010).

Apesar da proporção entre a glicose e a frutose ser praticamente a mesma na alimentação larval de rainhas e operárias, o açúcar presente nesse alimento seria um fator

estimulante à diferenciação entre as castas. A ingestão pelas larvas do alimento larval de rainhas, que é composto por quatro vezes mais açúcar que o ofertado às operárias, possivelmente regula a atividade da *corpora allata* e a produção do hormônio juvenil, um dos responsáveis pela determinação da casta (ANTONIALLI-JUNIOR; CRUZ-LANDIM, 2009; PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011).

Os componentes da geleia real, como a tirosina, a dopamina e a tiramina afetam a longevidade, o comportamento das operárias adultas, podendo levar ao desenvolvimento do aparelho reprodutor. Entretanto, operárias alimentadas com tirosina têm o comportamento de postura inibido, apesar de promoverem o desenvolvimento ovariano. Baixas doses de geleia real prolongam a longevidade de operárias em gaiolas, mas aumentam a mortalidade quando ofertadas em quantidades elevadas. Abelhas em gaiolas morrem em três dias quando são alimentadas com 100% de geleia real, e em cinco dias quando alimentadas com uma dieta de caseína, geleia real e sacarose, em uma proporção de três partes de proteína para uma de carboidrato (YANG, *et al.*, 2017).

## Água

A água fornecida à colônia deve ser potável, limpa e, se possível, corrente. Na sua ausência, a nutrição, fisiologia, cuidado com as crias e o comportamento por parte das abelhas são alterados, podendo aumentar sua defensividade em dias mais quentes e provocar o abandono parcial ou total do ninho. Ao contrário do néctar e do pólen, a água não é armazenada nos alvéolos, sendo coletada sempre que necessário (WINSTON, 2003; VIDAL; CARMO; COSTA, 2000; DOMINGOS; GONÇALVES, 2014).

Na colônia de *Apis mellifera* a água é utilizada para resfriar o interior do ninho quando a temperatura na área de crias ultrapassa os 36° C. É usada também para ajudar no metabolismo dos indivíduos adultos, para preparar a alimentação larval, na diluição de méis muito concentrados, para molhar e amolecer o pólen a fim de que ele seja mais facilmente consumido (KUHNHOZL; SEELEY, 1997; WIDIATMAKA, *et al.*, 2016).

As necessidades das abelhas melíferas em relação à água são pouco conhecidas, estando possivelmente relacionadas a fatores ambientais (temperatura e umidade) e intrínsecos à *Apis mellifera*, como nos casos da perda de água pela cutícula, da excreção, da respiração, da produção de calor, da idade (larva ou adulto), da atividade desempenhada na colônia, do número de abelhas e da quantidade de crias. Em casos extremos, como na ausência de néctar no campo, as abelhas podem consumir até 20 litros semanais de água. Desta forma, para reduzir o gasto

energético na coleta, a fonte de água deve estar localizada a no máximo 500 metros da colônia (PEREIRA, 2005; BRASIL, 2010).

Se houver necessidade na colônia, abelhas especializadas em coletar água vão buscá-la em locais próximos, como terra molhada, bordas úmidas de superfícies com água, locais de rega e orvalho, depositando-a em sua vesícula melífera, e ao retornar entregam-na a abelhas mais jovens. Quando há grande necessidade de água, as operárias já esperam a forrageira no alvado, sugando rapidamente toda a água coletada. Entretanto, se a forrageira precisar percorrer a colônia em busca de uma abelha para entregar a carga, o interesse pelo forrageamento por água é reduzido. Aparentemente o mecanismo de busca por água é regulado pelo tempo de entrega da carga. Se esse for de até 40 segundos, as coletoras irão dançar, para recrutar mais forrageiras; se for mais de 40 e menos de 60 segundos, a coleta de água deve continuar; Tempos superiores a estes vão reduzindo exponencialmente o interesse pela coleta (VISSCHER; CRAILSHEIM; SHERMAN, 1996; SCHMARANZER, 2000; REDDY; KAVITHA, 2016).

Essa especialização em coleta de água é destinada a um pequeno número de abelhas dentro da colônia, que, ao final do seu polietismo etário ou polietismo temporal, pode até passar a coletar néctar, mas o principal objetivo desta reserva de abelhas é que, caso ocorra a necessidade de aumentar a coleta de água, isso não atrapalhe a coleta de néctar (KUHNHOZL; SEELEY, 1997).

As abelhas utilizam duas formas de esfriar o ninho: a primeira é a distribuição de água pelos alvéolos e a posterior ventilação, resfriando a colônia por evaporação; a segunda é através da extensão da língua, cumprindo com o mesmo objetivo, porém de forma mais lenta. Algumas abelhas colocam seu aparelho bucal sobre os alvéolos de cria e espalham uma gota de água, formando uma fina camada de grande superfície, que favorece a evaporação, o resfriamento das larvas. Em dias quentes, o forrageamento por pólen é reduzido para que seja dada prioridade à coleta por néctar e água para resfriar o ninho (SEELEY, 2006; POKHREL, 2016).

Uma abelha transporta em média 25  $\mu$ g de água por viagem em sua vesícula melífera, fazendo cerca de 40 viagens por dia. Desta forma, são necessárias aproximadamente 40 mil viagens para se conseguir apenas um litro de água. A *Apis mellifera* localiza a fonte pelo excesso de umidade sobre a região e, dependendo da facilidade de acesso à água, pode marcar o local com o ferormônio de Nasonov, tornando-se fieis àquela fonte e desprezando os outros locais (WINSTON, 2003; GRESSLER, 2004).

## ALIMENTAÇÃO DAS ABELHAS

### Alimentação das larvas

As larvas das abelhas *Apis mellifera* são alimentadas de forma progressiva, pois as nutrizes (abelhas jovens) depositam alimentação larval somente durante as suas visitas periódicas. Ao tecerem o casulo e o alvéolo ser operculado, as larvas passam para a fase de pupa, onde não há alimentação da cria, nutrindo-se apenas das reservas acumuladas durante o período larval (RAMOS; CARVALHO, 2007; PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011).

Larvas de rainhas e zangões são sempre maiores e mais pesadas do que as de operárias, em decorrência da composição e qualidade do alimento ofertado. Entretanto, até o terceiro dia após a eclosão do ovo essa diferença não é notada, provavelmente pela composição do alimento durante esse período ser muito semelhante. As nutrizes são as responsáveis por identificar as necessidades alimentares, a idade, o sexo de cada uma dessas larvas e satisfazê-las de forma correta (LE CONTE, *et al.*, 2006; CRUZ-LANDIM, 2009).

Durante seu desenvolvimento, as larvas são inspecionadas em intervalos irregulares de tempo pelas nutrizes no decorrer das visitas que costumam durar de um a 20 segundos. Para isso, os alvéolos são vistoriados intensamente pelas jovens operárias com as antenas, que aparentemente percebem o sexo, a casta, as condições das larvas, a quantidade e qualidade de alimento necessário, resultando na secreção da alimentação larval pela nutriz. A alimentação não é feita diretamente na boca da larva, mas próximo dela, pois a nutriz depositará a substância nas paredes ou no fundo do alvéolo de forma que facilite o consumo pela larva (BROUWERS; EBERT; BEETSMA, 1987; WINSTON, 2003).

As condições ambientais, como abundância de recursos (néctar e pólen) e a quantidade de crias a serem alimentadas, afetam a capacidade das nutrizes de produzirem alimentação larval, tanto em quantidade, quanto em qualidade. Proporções pequenas de nutrizes para crias, como 1:2, resultam em adultos menores e conseqüentemente com menor tempo de vida. Desta forma, à medida que aumenta a quantidade de nutrizes, mais alimento larval é ofertado às crias, resultando em adultos maiores (YAPALUCCI, 2001; AMDAM; OMHOLT, 2002).

As nutrizes produzem a alimentação larval a partir de um bom desenvolvimento das glândulas cefálicas. Para isso, é necessária uma boa nutrição com uma fonte de proteína durante os seus três primeiros dias como abelha adulta. Entretanto, se não houver proteína para a produção de alimento, as nutrizes utilizam as reservas proteicas presentes em seus corpos

gordurosos para sintetizarem alimentação larval para as crias por até cinco dias. Após esse período, as larvas não conseguirão se desenvolver em adultos por deficiência nutricional (AMDAM; OMHOLT, 2003; TRAYNOR, *et al.*, 2017).

### ***Larva de operária***

Larvas de operária e rainha de *Apis mellifera* recebem, até as 60 horas após a eclosão, a mesma alimentação em termos qualitativos para o teor de proteínas, açúcares e lipídeos, e quantitativos, chegando a flutuar sobre o alimento (KAFTANOGLU; LINKSVAYER; PAGE JR, 2011).

Após o terceiro dia, as larvas de operárias passam a ser alimentadas com uma substância denominada geleia real de operária, pois há uma redução nos teores de proteína de 39,2-53,3%, para 15,7-26,1%, enquanto que a concentração de açúcares sobe de 7,8-19,6%, para 32,2-64,6%, assim como uma redução na quantidade de lipídeos. Ao chegar ao sétimo e oitavo dias de idade, a alimentação passa a apresentar a seguinte proporção, 2:9:3 de secreções da glândula mandibular, hipofaringeana e pólen respectivamente. No nono dia, a alimentação é interrompida, o alvéolo é fechado pelas operárias e a larva inicia o processo de transformação em pupa (SEREIA, 2009; ALCÁRCEL, 2011; CRAILSHEIM, *et al.*, 2013).

Durante todo o seu desenvolvimento, a larva é inspecionada e alimentada de forma progressiva por aproximadamente 143 vezes, aumentando seu peso de 900 a 1100 vezes, necessitando a ingestão de 59,4 mg de carboidratos e 25-37,5 mg de proteína (KAFTANOGLU; LINKSVAYER, PAGE JR, 2011; CRAILSHEIM, *et al.*, 2013).

### ***Larva de rainha***

Até o terceiro dia de desenvolvimento larval, as fêmeas de *Apis mellifera* são alimentadas com uma mistura praticamente igual das secreções das glândulas hipofaringeana e mandibular pelas abelhas nutrizas. A partir deste momento, as larvas destinadas a se tornarem rainhas passam a ser alimentadas com grandes quantidades de geleia real, rica em carboidratos, proteínas e lipídeos. A qualidade do alimento ofertado às larvas de rainha, vai variar de acordo com a idade das abelhas nutrizas presentes na colônia, pois quanto mais velhas, menos componentes das glândulas salivares estarão presente na alimentação (CRUZ-LANDIM, 2009; LAGO, 2016).

Entretanto, a quantidade de alimento também é fundamental para o desenvolvimento da larva fêmea destinada a se tornar rainha, a qual é alimentada aproximadamente 1600 vezes, em tempo total de 17 horas. A alimentação é progressiva passando de 13 alimentações por hora no primeiro dia, para 16 no terceiro e 25 no quarto. Desta forma, a larva aumenta seu peso de 1400 a 1600 vezes em relação ao ovo (de aproximadamente 0,12-0,20 mg para 250-346 mg). Outro fator que se altera no alimento é o teor proteico, que se eleva, ao passo que a quantidade de carboidratos se reduz (KAFTANOGLU; LINKSVAYER, PAGE JR, 2011; CRAILSHEIM, *et al.*, 2013; AQUEEL, *et al.*, 2016).

As larvas fêmeas até o terceiro dia de vida são totipotentes, ou seja, podem se desenvolver em operárias ou rainhas. Esse processo de diferenciação depende da alimentação ofertada. A adição de açúcares, como a glicose e a frutose, à alimentação larval estimula o consumo e leva ao desenvolvimento de mais rainhas e intercastas (PAGE JR.; PENG, 2001).

A ingestão de alimentação diferenciada estimula o sistema nervoso estomatogástrico, que transfere informações para o complexo neuroendócrino (*corpora allata* e gânglios cerebrais), estimulando a produção de hormônio juvenil (HJ) e a diferenciação da casta. Larvas de rainha com mais de quatro dias de vida já apresentam grandes quantidades de HJ e a *corpora allata* bem desenvolvida (NUNES, 2007).

Outro fator que influencia a quantidade do alimento depositado é o tamanho da célula, já que larvas de rainha se desenvolvem em alvéolos especiais denominados de realeiras. O próprio espaço da realeira altera o DNA da larva e ajuda na determinação da casta (DALLACQUA, 2010; HE, 2016).

### ***Larva de zangão***

A alimentação das larvas de zangão é muito semelhante à fornecida às crias de operárias e apresenta-se visivelmente em maior quantidade devido ao maior tamanho do zangão frente ao das crias, na proporção de 5:1. A partir do 4º dia de vida, a quantidade de pólen fornecido junto com a alimentação aumenta. Desta forma, existe uma diferenciação na quantidade de nutrientes ofertada aos dois indivíduos (COUTO, R.; COUTO, L., 1988; PINTO, 2010).

A alimentação das larvas mais velhas de zangões é mais rica em carboidratos, riboflavina e ácido fólico, ao passo que as mais jovens recebem menores quantidades de aminoácidos essenciais, ácido pantotênico, lipídeos, proteínas, minerais e vitaminas (WINSTON, 2003).

## Alimentação dos adultos

A alimentação das operárias adultas é o mel, o pólen e a geleia real (pode ser passada e ingerida durante a trofalaxis). Longos períodos sem acesso a esses alimentos levam as abelhas a consumirem as suas reservas, que, por sua vez, são reduzidas se comparadas ao seu período larval (CRAILSHEIM, 1998; HRASSNIGG; CRAILSHEIM, 2005; BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

O mel e o néctar são as fontes de energia para as operárias, que, por possuírem baixas reservas de glicogênio em seu corpo, necessitam da constante ingestão da substância para realizar atividades, como aquecimento do corpo, atividade muscular, produção de cera e função vital de certos órgãos e glândulas (TURCATTO, 2011; MANDLA; KUMAR, 2016).

O consumo de pólen por parte das operárias começa algumas horas após emergirem e chega ao seu pico entre 4 e 9 dias de vida. É ingerido em grandes quantidades para assegurar a disponibilidade de proteínas e aminoácidos necessários para o desenvolvimento dos órgãos, sistema glandular e corpos gordurosos. Níveis insuficientes destas duas substâncias acarretam o mau desenvolvimento das glândulas (principalmente as salivares) e a redução da longevidade, prejudicando o ciclo reprodutivo e produtivo da colônia. Períodos prolongados sem alimentação levam ao canibalismo das crias e à suspensão de sua produção (HOOVER; HIGO; WINSTON, 2006; COSTA, *et al.*, 2007; TAHA, 2015).

As rainhas são alimentadas com geleia real desde seu estágio larval até a vida adulta pelas operárias nutrizas. Desta forma, a postura da rainha e a população da colônia ficam diretamente relacionados com a qualidade e a quantidade do alimento recebido (FERRAZ, *et al.*, 2017).

Em períodos de entressafra ocorrerá uma redução natural na entrada de alimentos nas colônias e conseqüentemente a rainha receberá menos geleia real, podendo reduzir a postura ou até mesmo interrompê-la (diapausa) (LENGLER, 2000).

Rainhas também se alimentam sozinhas, quando mantidas em gaiolas de transporte, com a pasta cãndi, uma mistura, na proporção de 1:1, de açúcar amorfo e xarope, ou xarope invertido (LAIDLAW JR., 1998).

Durante os primeiros dias de vida, os zangões não conseguem se alimentar sozinhos e pedem alimento a todas as operárias, entretanto, só são atendidos pelas nutrizas, que ofertam uma mistura de mel, pólen e alimento larval. Com o passar dos dias, eles passam a se alimentar sozinhos, buscando comida nos favos de mel. Zangões consomem pólen somente nos primeiros dias de vida adulta, que coincide com o período de amadurecimento sexual e da musculatura de

voo. A viabilidade das glândulas sexuais e a viabilidade do esperma vão depender da qualidade da alimentação ingerida (HRASSNIGG; CRAILSHEIM, 2005; PEREIRA, 2005).

## **NUTRIÇÃO E METABOLISMO DE NUTRIENTES**

As necessidades nutricionais das abelhas são satisfeitas com o consumo de proteínas, carboidratos, lipídeos, sais minerais e vitaminas, mantendo, assim, o desenvolvimento, manutenção e reprodução da colônia. A deficiência desses nutrientes pode provocar redução da vida útil dos indivíduos da colônia, estresse, aparecimento de doenças e o abandono do ninho (PAULINO, 2008).

Uma oferta balanceada de nutrientes é necessária para o desenvolvimento das colônias. Um exemplo disso é que a oferta de carboidratos estimula a postura por parte da rainha, mas as larvas necessitam das proteínas para completarem seu crescimento e desenvolvimento (SCHAFASCHEK, *et al.*, 2011).

A redução da disponibilidade de alimentos na natureza provoca uma diminuição na composição bromatológica das pupas de *Apis mellifera*, para proteína bruta (de 8,4% para 7,01%) e de minerais (38,5% para 23,7%) (FUNARI, *et al.*, 2003).

Entretanto, a quantidade excessiva de nutrientes pode atrapalhar a colônia, levando a desequilíbrios nutricionais e prejudicando os processos biológicos. Quando esses problemas são provocados por alimentações artificiais, acarretam ainda uma elevação nos custos de produção e prejuízos para os apicultores (PEREIRA, 2015).

### **Proteínas e aminoácidos**

Para as abelhas *Apis mellifera*, a proteína é fundamental para a reprodução e o crescimento. A sua deficiência pode provocar diversos problemas, tanto para as abelhas individualmente, quanto para a colônia, como, por exemplo: a produção de óvulos pela rainha, o mal desenvolvimento das crias e conseqüentemente a longevidade dos adultos, má formação muscular e glandular, a síntese de proteínas em geral e a produção de enzimas (PEREIRA, 2010).

Não há uma quantidade determinada de proteína que deva ser fornecida para o desenvolvimento e manutenção de *Apis mellifera*. Mancini (2010) afirma que alimentos proteicos adequados para abelhas devem apresentar no mínimo 20% de proteína bruta para que

se obtenham bons resultados. Já Castagnino, Message e Marco Júnior (2011) afirmam que o nível ideal de proteína bruta deve variar entre 20 a 25%.

Li *et al.* (2012) comparam uma ração com farinha de milho, farelo de soja e farelo de glúten de milho, com quantidades crescentes de proteína bruta, que iniciavam com 15% e chegavam a 35%, e concluíram que níveis entre 30 e 35% são os mais aconselhados para *Apis mellifera*.

Entretanto, conhecer somente os requerimentos proteicos da *Apis mellifera* não é suficiente para garantir as atividades metabólicas da abelha. É necessário que os níveis dos aminoácidos presentes atendam às suas necessidades. Os aminoácidos essenciais são: arginina (3%), fenilalanina (2,5%), histidina (1,5%), isoleucina (4%), leucina (4,5%), lisina (3%), metionina (1,5%), treonina (3%), triptofano (1%) e valina (4%) (DE GROOT, 1953; HERBERT JR.; SHIMANUKI; CARON, 1977).

A grande quantidade de aminoácidos essenciais para as abelhas pode explicar o porquê da visita a várias flores de diversas plantas durante o forrageamento da *Apis mellifera*, pois algumas espécies vegetais podem ser deficientes de algumas destas substâncias, forçando a um comportamento polilético (GHOSH; JUNG, 2017).

Os aminoácidos cisteína, hidroxiprolina, tirosina, alanina, asparagina, aspartato (ácido aspártico), glutamato (ácido glutâmico), glicina, prolina e serina são considerados não essenciais, ou seja, podem ser metabolizados pelas abelhas, já a glicina, a prolina e a serina, têm efeito estimulante no crescimento dos indivíduos da colônia (NEGRÃO, 2014).

Os aminoácidos essenciais demonstram maior concentração no momento em que as abelhas emergem dos alvéolos, apresentando uma redução constante até se tornarem forrageiras (quando a quantidade é muito baixa). O glutamato e a alanina estão entre os aminoácidos mais hidrolisados. Rainhas têm o dobro de aminoácidos presentes na hemolinfa com relação a operárias. O nível máximo é alcançado quando a rainha inicia a postura e esta permanece constante (CRAILSHEIM; LEONHARD, 1997; HRASSNIGG; LEONHARD; CRAILSHEIM, 2003).

Para Pereira, Freitas e Lopes (2011), a lisina e a arginina são importantes no desenvolvimento larval, a prolina na produção de energia durante o voo, a tirosina é a precursora da octapamina, o triptofano é utilizado na síntese da vitamina niacina, a histidina é um neurotransmissor e fotorreceptor, o glucamato é um neurotransmissor muscular, a alanina é uma fonte de energia para os fotorreceptores e a glicina é uma fagoestimulante.

O ATP pode ser sintetizado a partir da prolina e utilizado como fonte de energia para as atividades dentro da colônia. Abelhas, no entanto, têm uma capacidade reduzida de

realizar essa reação, pois preferencialmente usam a glicose como fonte de energia e não para síntese de prolina. Dessa forma, a prolina deve ser possivelmente produzida em níveis baixos de glicose ou a partir da arginina. É também o aminoácido com maiores concentrações na hemolinfa dos zangões e está presente no fluido da retina junto com a glutamina, a alanina e a  $\beta$ -alanina, provocando efeito de fotoestimulação (MICHEU; CRAILSHEIM; LEONHARD, 2000; PAOLI, *et al.*, 2014).

As células gliais ou células de glia da retina da abelha absorvem glicose e liberam alanina, que, por sua vez, é transferida para fotorreceptores. A octopamina é uma substância semelhante à adrenalina, que é sintetizada a partir do aminoácido tirosina e tem por função ser um neurotransmissor, um neuromodulador e um neurohormônio. A presença da glicina no alimento regula a preferência e a resposta condicionada da abelha por este aminoácido. A absorção da leucina acontece no intestino médio das abelhas, mas é inibida pela isoleucina (CRAILSHEIM, 1990; CANDY; BECKER; WEGENER, 1997; KIM; SMITH, 2000; MARCAGGI; COLES, 2001).

Glicina, fenilalanina e prolina melhoram o desempenho de aprendizagem das abelhas, principalmente quando adicionadas à alimentação energética. A tirosina é usada na produção da esclerotina, substância utilizada na composição da quitina do exoesqueleto das abelhas, e é mais frequentemente encontrada em néctares extraflorais. A presença de isoleucina estimula a produção de crias, mesmo que os níveis de pólen da colônia encontrem-se baixos, e ajuda na digestão da proteína (INOUYE; WALLER, 1984; STACE, 1996; NICOLSON, 2011).

## **Carboidratos**

Os carboidratos são utilizados para uma série de atividades na colônia, como a produção de energia, favos, mel e alimentação larval, bem como na termorregulação e no forrageamento. Apresenta também funções metabólicas, como a síntese de matéria orgânica, a condução de impulsos nervosos, a produção de aminoácidos, entre outros (PEREIRA, 2010; PINTO, 2010).

As operárias adultas podem sobreviver sem o fornecimento de proteínas, lipídeos, sais minerais e vitaminas (utilizados principalmente no desenvolvimento larval e de abelhas jovens), pois possuem a capacidade de catabolizá-los das reservas armazenadas durante o seu desenvolvimento, ao contrário dos carboidratos, os quais apresentam uma necessidade de reposição constante, por se encontrarem em pequenos níveis no organismo (0,05 a 0,47 mg), acabando por não sobreviverem a longos períodos de escassez (CAMPOS, 2015).

O glicogênio é a principal reserva de carboidratos das abelhas adultas e encontra-se principalmente nos corpos gordurosos em pequenas quantidades. Desta forma, em períodos de escassez, as abelhas buscam alimento nas reservas de mel dentro da colônia (CRUZ-LANDIM, 2009; TURCATTO, 2011).

O tórax e o abdômen (corpos gordurosos) são as principais reservas de glicogênio no corpo das abelhas, pois durante períodos de falta de alimento estas reservas são rapidamente consumidas, desaparecendo praticamente em 9 a 12 horas. Entretanto, as reservas de glicogênio aumentam significativamente no cérebro das abelhas (WANG, *et al.*, 2016).

A oxidação dos carboidratos resulta na principal via metabólica para fornecimento de energia para as abelhas. Suas principais fontes são a glicose, a frutose e a sacarose. Entretanto, outros açúcares podem ser encontrados no néctar e/ou no mel, porém em quantidades bem pequenas, como a rafinose, a maltose e a melibiose. Açúcares como manose, galactose, arabinose, xilose, rafinose, melibiose, estaquiase e lactose, sintéticos ou encontrados em pólen, nectários de Tiliaceae, Theaceae e exsudados de tulipas, são tóxicos para abelhas e seu fornecimento deve ser evitado (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010; PINTO, 2010).

No organismo das abelhas, carboidratos (mono e dissacarídeos) são convertidos em glicose e trealose para o ciclo de Krebs, produzindo, desta forma, ATP (energia), CO<sub>2</sub> e água. Quando não utilizadas, glicose e trealose são armazenadas nos corpos gordurosos das abelhas (HUANG, 2010; WANG; LI-BYARLY, 2015).

O consumo de carboidratos varia de acordo com cada indivíduo da colônia e com a atividade desempenhada. Operárias em repouso consomem 0,7 mg/h de açúcar. Quando em atividade de voo e forrageamento, essa taxa sobe para 11,5 mg/h. Já os zangões consomem de 1 a 3 mg/h em repouso e 14 mg/h quando em voo de acasalamento. As rainhas, por seu turno, recebem o alimento (geleia real) diretamente das nutrizas e desta tiram a energia necessária para suas atividades, uma vez que raramente consomem mel. Esses valores não levam em conta atividades como cuidado com as crias e homeostase do ninho (HUANG, 2005; NETO, *et al.*, 2015).

As abelhas são capazes de manter constante as concentrações de glicose e trealose na hemolinfa durante suas atividades, a não ser que passem por períodos de privação de alimentos. Dessa forma, o nível dos açúcares é muito reduzido em menos de 12 horas. Entretanto, larvas que passaram por privação de açúcares durante seu desenvolvimento transformam-se em adultos mais tolerantes e capazes de controlar melhor seu nível de glicose e trealose na hemolinfa em períodos de escassez (WANG, *et al.*, 2016).

Os níveis de trealose na hemolinfa diminuem sempre que as abelhas iniciam atividades que demandam elevados gastos energéticos, ao passo que as taxas de frutose e glicose se elevam. Uma possível explicação para isso é que a síntese de trealose nos corpos gordurosos é mais lenta do que a de glicose e frutose. Mesmo quando as abelhas são alimentadas com soluções de sacarose entre 30 e 50 % (suficiente para manter as exigências metabólicas), os níveis observados para os três açúcares continuam os mesmos. Outra possível explicação para essa diferença na concentração de açúcares é que, apesar da rápida passagem dos monossacarídeos da vesícula melífera para a hemolinfa, este processo ocorre de forma limitada (48µl/hora), o que faz com que as abelhas utilizem a trealose para satisfazer suas necessidades energéticas (BLATT; ROCES, 2001).

## **Lipídeos**

Os lipídeos são utilizados como fonte de nutrientes nos estágios em que não há fornecimento de alimentação para as crias por parte das abelhas adultas. Eles são sintetizados a partir das proteínas e carboidratos e não são comumente utilizados pelas abelhas na sua dieta. Têm a função energética de síntese de hormônios, de ajuda nos impulsos nervosos e é a principal reserva de energia e função estrutural. A deficiência desse nutriente na alimentação de abelhas acarreta o desenvolvimento anormal das crias (PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011).

Os lipídeos também exercem importante função no pólen, pois são responsáveis por sua atração e aroma, sendo os ácidos linoleico e linolênico os mais atrativos para as abelhas (SINGH; SAINI; JAIN, 1999).

Os ácidos graxos oleico e palmítico têm papel fundamental na nutrição de *Apis mellifera*, pois são os lipídeos mais encontrados nos corpos gordurosos das operárias adultas (60%), das larvas (40%), das pupas de rainhas (58%) e em zangões. O ácido esteárico e o palmítico são os lipídeos saturados mais encontrado no sêmen dos machos, onde também ocorrem fosfolipídeos e lipídeos neutros (triglicerídeos, esteróis, ésteres de esteróis e ácidos graxos livres). Ácidos graxos, como o linoleico, linolênico, mirístico e dodecanóico, apresentam significativa inibição de crescimento bacteriano, desempenhando papel mais importante na sanidade do que na nutrição das abelhas. Entretanto, esses lipídeos só estão presentes no pólen apícola antes do processamento. Após o processamento em “pão de abelha”, as concentrações dos lipídeos diminuem significativamente (MANNING, 2001).

A vitelogenina é uma lipoproteína sintetizada nos corpos gordurosos e, juntamente com o hormônio juvenil, é responsável pelo polietismo temporal nas operárias e pelo início das

atividades de forrageamento. A síntese da vitelogenina está diretamente ligada à disponibilidade e/ou reservas de lipídeos. Dessa forma, existe uma redução nas reservas dos corpos gordurosos (TOTH, *et al.*, 2005) em período de escassez de pólen (principal fonte de lipídeos), período que estimula o forrageamento precoce pelas operárias.

Os níveis de lipídeos na hemolinfa de nutrizes são significativamente maiores do que em operárias forrageiras, sugerindo que esses níveis sejam quase totalmente utilizados na nutrição das larvas. Dessa forma, operárias mais velhas que já iniciaram o forrageamento e por algum motivo precisam voltar a cuidar de crias não apresentam a capacidade de recuperar suas reservas e são menos eficazes na alimentação das larvas. Isso pode acontecer por respostas comportamentais (longo período forrageando) ou fisiológicas que provocam a redução na quantidade de lipídeos que chega à glândula hipofaríngea, acarretando, assim, uma maior mortalidade de larvas alimentadas por essas operárias (TOTH; ROBINSON, 2005).

Os lipídeos também são responsáveis por regular a velocidade da passagem de pólen pelo sistema digestivo e a liberação de ácidos graxos livres no intestino médio, principalmente na idade de abelhas nutrizes, pois estas apresentam maiores quantidades de lipases e maior atividade lipolítica, provavelmente para utilizá-los na produção de alimento larval (LOIDL; CRAILSHEIM, 2001).

Quando adicionados ao pólen na forma de extrato (2 a 4%), os lipídeos aumentam a área de cria. Os esteróis são essenciais para as abelhas, principalmente o colesterol, pois dietas com ao menos 0,1% desse ácido graxo elevam a quantidade de larvas. Larvas de abelhas alimentadas com dietas sem lipídeos têm um desenvolvimento mais rápido, mas apresentam maior mortalidade da fase pré-pupal (WINSTON, 2003; TURCATTO, 2011).

### **Vitaminas e sais minerais**

Os requerimentos nutricionais das vitaminas e sais minerais não são muito conhecidos para as abelhas, embora sejam essenciais. Ambos parecem estar ligados ao desenvolvimento das crias, enquanto as vitaminas têm pouca influência na longevidade das abelhas adultas (SOMERVILLE, 2005).

Não são considerados fatores limitantes na manutenção e desenvolvimento das colônias de *Apis mellifera*, pois esses nutrientes encontram-se disponíveis na alimentação natural das abelhas (néctar, mel e pólen) e são exigidos em quantidades mínimas (apenas traços), o que corrobora a dificuldade de determinar suas necessidades na nutrição (PAULINO, 2004, 2008).

As abelhas, como a maioria dos insetos, aparentemente têm a necessidade de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K) e hidrossolúveis (tiamina, riboflavina, ácido nicótico, piridoxina, ácido pantotênico, biotina, colina e ácido fólico) (PEREIRA, 2005).

O ácido pantotênico é necessário para a diferenciação da casta nas fêmeas de abelhas melíferas, enquanto a riboflavina e o ácido nicotínico desempenham papel muito importante na criação das larvas. A ausência ou a presença de determinadas vitaminas pode afetar negativamente a produção e a composição do alimento larval (STANDIFER, *et al.*, 1977).

As vitaminas hidrossolúveis são comuns no pólen (ao contrário das lipossolúveis). Uma delas, o ácido ascórbico, parece ser sintetizado pelas abelhas ou pelos microrganismos presentes no trato digestivo. Brodschneider e Crailsheim (2010) observaram que abelhas alimentadas com vitamina C apresentavam a mesma quantidade dessa vitamina na hemolinfa em comparação com as operárias que não recebiam a alimentação.

Vitaminas do complexo B, ácido pantotênico, tiamina, riboflavina e piridoxina, além da vitamina A e K, são associadas ao desenvolvimento da glândula hipofaríngea, juntamente com o ácido giberélico ou ácido giberelina e o inositol no aumento da área de crias. As abelhas são capazes ainda de sintetizar o ácido pantotênico, graças aos microrganismos presentes na vesícula melífera (SOMERVILLE, 2005).

A piridoxina é essencial na dieta de uma colônia, pois a partir da ingestão de 4 mg da vitamina é observado um crescimento na área de crias (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

Os minerais são importantes para ajudar na permeabilidade das células das abelhas, como ativador enzimático, na composição das estruturas do corpo e na pigmentação. Cobre, ferro, zinco, potássio, fósforo, magnésio, sódio, cálcio, cloro, iodo, cobalto e níquel são considerados minerais essenciais para as abelhas (PEREIRA, 2005; PAULINO, 2008).

Níveis elevados de sódio, cloreto de sódio e cálcio são tóxicos para abelhas. Além dos minerais essenciais, manganês, alumínio, cádmio, cromo, chumbo e selênio são encontrados em pólenes e nas larvas. Pólen com concentração de 0,5 a 1% de minerais aumentam a área de cria, ao passo que valores superiores a 2% iniciam um declínio na produção de larvas. Já dietas com 8% cessam totalmente a postura da rainha (SOMERVILLE, 2005).

## ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL PARA *Apis mellifera* AFRICANIZADA

As necessidades nutricionais das abelhas africanizadas, se comparadas com as de outros animais, são proporcionalmente muito semelhantes, pois estas necessitam de uma dieta equilibrada de carboidratos, proteínas, lipídeos, sais minerais, vitaminas e água, para o correto funcionamento do seu organismo. Essas necessidades são geralmente supridas pela coleta de pólen e néctar presentes ao redor da colônia (TURCATTO; MORAIS; DE JONG, 2010).

O conhecimento sobre as necessidades nutricionais é importante para o apicultor, pois vai determinar quando a colônia estará forte ou fraca e, conseqüentemente, pronta para produzir ou não. A ausência de floradas (fluxo de alimentos) pode acontecer em qualquer período do ano, trazendo prejuízos para a apicultura, pois provoca estresse nas abelhas, podendo levar as colônias a abandonarem o ninho. Nessas circunstâncias, faz-se necessária a utilização de alimentação artificial (COUTO, R. e COUTO, L., 2006).

É necessário que haja, para uma produção adequada, um balanceamento entre o fluxo de néctar e pólen nas colônias, pois se uma determinada espécie vegetal fornece grandes quantidades de néctar, em um curto espaço de tempo os alvéolos estarão todos ocupados com mel e a colônia não conseguirá se desenvolver. Dessa forma, o fornecimento de alimentação artificial proteica para auxiliar no desenvolvimento das crias, que utilizaram o próprio mel na sua alimentação, é necessário para fortalecimento e produção da colônia (SOMERVILLE, 2000).

O simples fornecimento de alimentação artificial no período de escassez estimula a postura da rainha, o desenvolvimento das crias e conseqüentemente da colônia, e reflete positivamente na produção no período de safra seguinte, pois, sem a alimentação, as abelhas africanizadas utilizarão as primeiras floradas para o seu desenvolvimento, podendo atrasar o início do ciclo produtivo em até 50 dias (PEREIRA, 2005).

A oferta de alimentação proteica contendo 20% de proteína bruta proporciona um ganho de peso às colônias, provocado principalmente pelo aumento da área de reserva de mel e áreas de crias abertas e fechadas, podendo levar ao aparecimento e desenvolvimento de zangões nas colônias (PEREIRA, *et al.*, 2006).

Abelhas africanizadas alimentadas com xarope de água e açúcar invertido com ácido tartárico apresentam um início no desenvolvimento da área de cria a partir do 35º dia de alimentação. Entretanto, quando é adicionado o Promotor L® (suplemento aminoácido e vitamínico) ao alimento, não se observa diferença na área de cria, pelo contrário, há uma maior

mortalidade de abelhas nos alimentadores e até abandono das colônias (CASTAGNINO, *et al.*, 2006).

Algumas rações proteicas formuladas a partir de fenos e farinhas de plantas facilmente encontradas na região Nordeste do Brasil e de baixo custo para os apicultores, como feno de leucena, o feno de mandioca, o farelo de babaçu, a farinha de vagem de algaroba e até mesmo sucedâneo de leite para bezerras, não se demonstram tóxicas, com a exceção do bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*), e podem ser fornecidas individualmente ou em conjunto na alimentação de *Apis mellifera* africanizada (PEREIRA, *et al.*, 2007).

A redução na oferta de alimentos no período de escassez faz diminuir as taxas de proteína presentes na hemolinfa das abelhas africanizadas *Apis mellifera*, pois as reservas acumuladas na colônia não são suficientes para que as demandas nutricionais destas se mantenham de forma adequada. Porém, o fornecimento de alimentação proteica eleva os índices de proteína na hemolinfa das abelhas, independentemente da idade (TURCATTO, 2011).

Para que as colônias de abelhas melíferas africanizadas possam sobreviver ao período de escassez, é necessário o fornecimento de substitutos do néctar e do pólen, que devem ser ofertados de maneira adequada, balanceada, atrativa e palatável. Dietas com altos índices proteicos (de 20 a 25% de proteína bruta) influenciam positivamente na longevidade das abelhas. Colônias de *Apis mellifera* africanizadas alimentadas com esses substitutos, antes e durante a florada das espécies de barbatimão (*Stryphnodendron polyphyllum* e *Stryphnodendron adstringens*), têm os efeitos tóxicos do pólen reduzidos (CASTAGNINO; MESSAGE; MARCO JÚNIOR, 2011).

Outra utilização da alimentação artificial está na aplicação de medicamentos, principalmente associada ao xarope de água e açúcar. Brighenti *et al.* (2007) utilizaram o xarope e a pasta cândi para a aplicação do *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*, que combate a traça da cera.

Dessa forma, a alimentação artificial para abelhas *Apis mellifera* africanizada pode conter uma parte energética e uma proteica ou as duas e estará diretamente ligada à quantidade que será fornecida, sua disponibilidade na região e aos custos da sua produção.

## Alimentação energética

Apesar de os principais nutrientes (proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais) para o desenvolvimento das larvas e abelhas jovens estarem presentes no pólen, as abelhas adultas conseguem sobreviver após o décimo dia de vida sem utilizá-lo, isso porque a *Apis mellifera* africanizada é capaz de catabolizar os nutrientes necessários a partir das suas reservas (corpos gordurosos) armazenadas durante seu período de desenvolvimento. Entretanto, o néctar e/ou mel devem ser constantemente consumidos, pois são a principal fonte de energia das abelhas, que, por sua vez, não é suprida pelo pólen. Sem a quantidade necessária de alimentação energética, as operárias adultas morrerão (WINSTON, 2003).

A alimentação energética simula para as abelhas o início de uma nova florada, ou seja, um fluxo de néctar. Mesmo que a colônia tenha algum mel armazenado, é necessário este estímulo para que se inicie a postura da rainha (pela maior produção de geleia real) e haja um aumento da população. A grande quantidade de crias estimulará o forrageamento por pólen e conseqüentemente o fortalecimento da colônia e o aumento da produção (GRESSLER, 2004).

A maioria das alimentações energéticas é fornecida na forma de xaropes (invertidos ou não), sejam eles produzidos de açúcar refinado (as impurezas contidas nos açúcares não refinados podem ser potencialmente tóxicas para *Apis mellifera*) ou da cana de açúcar. Dessa forma, a utilização de xarope invertido por apicultores é mais conveniente, pois demanda menor mão-de-obra, provocando menos pilhagem, sendo, no entanto, menos atrativo para as abelhas forrageiras (CEKSTERYTE; RACYS, 2006).

O Hidroximetilfurfural (HMF), formado a partir da hidrólise de hexoses (principalmente a frutose) em meio ácido, provoca mortalidade quando em níveis superiores a 30 ppm. Assim, alimentação energética com níveis elevados de HMF também deve ser evitada para *Apis mellifera* (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010).

Dentre os açúcares que mais alteram o comportamento, destaca-se a sacarose, fazendo com que as abelhas melíferas africanizadas iniciem uma resposta a pequenas concentrações desse açúcar (esticando a probóscide assim que suas antenas percebem sua presença) e ajustando seu comportamento de forrageamento de acordo com sua concentração (PANKIW; WADDINGTON; PAGE JR, 2001).

Apesar de fornecida na maioria das alimentações energéticas em uma proporção de no mínimo 50%, a sacarose não é absorvida diretamente pelas abelhas africanizadas, precisando passar por um processo de quebra pela enzima invertase, resultando em glicose e frutose. Entretanto, esse processo demandará mais gasto energético pelas abelhas para produzir a

invertase nas glândulas hipofaríngeas, o que reduzirá a longevidade da *Apis mellifera*. Desta forma, uma solução rápida é a inversão ácida. Para tanto podem ser utilizados ácido cítrico, tartárico e ascórbico ou limão, que é rico em ácido ascórbico e cítrico (BRIGHENTI, *et al.*, 2011).

A substituição da frutose como fonte de alimentação energética no lugar da sacarose tem como vantagem a digestibilidade mais rápida, na medida em que se trata de um monossacarídeo, tem um custo mais baixo, com menos mão-de-obra na preparação (pois a frutose dissolve facilmente quando adicionada à água), não fermenta facilmente (é comercializada na forma de pó, dificultando o processo) e provoca menos pilhagem. Entretanto, deve-se ter cuidado quanto à origem, pois, se apresentar taxas elevadas de HMF, pode provocar a morte da colônia (MALDONADO, 1999).

Outro açúcar utilizado na alimentação de abelhas melíferas é o xarope de frutose de milho, pois é de mais difícil fermentação e cristalização, além de estimular a puxada de favos, o depósito de reservas e a produção de crias. No entanto, apesar de ter uma conservação mais difícil, o xarope de sacarose proporciona resultados melhores do que o de frutose de milho, principalmente quando utilizado como alimentação para o desenvolvimento da colônia (SAMMATARO; WEISS, 2013). O uso do xarope de frutose de milho também pode trazer malefícios à colônia, pois além da produção do HMF, por conservação inadequada, pode ainda haver a presença de pesticida do grupo dos neonicotinóides, provenientes do milho (DEGRANDI-HOFFMAN; SAMMATARO; SIMONDS, 2012).

Couto R. e Couto L. (2006) recomendam a utilização de dois tipos de xarope de água com açúcar como fonte de alimentação energética. O primeiro é o de subsistência, preparado na proporção de uma parte de água para uma de açúcar, aquecido até a dissolução e que tem por objetivo manter as colmeias povoadas, evitando abandonos. O segundo é o estimulante, com três partes iguais de água, açúcar e mel, devendo ser aquecido até a dissolução do açúcar. Tem por objetivo estimular a postura da rainha nos períodos que antecedem as floradas, aumentando a quantidade de operárias e devendo ser ministrado de quatro a seis semanas antes das primeiras floradas.

Já Wiese (2005) recomenda duas formulações de alimentação energética, ambos xaropes. A primeira é denominada de subsistência e consiste na mistura de seis partes de água (morna) para quatro de açúcar até o último estar completamente dissolvido. Deve ser utilizada durante todo o período de escassez de alimentos. A segunda é denominada de estimulante e deve ser fornecida 50 dias antes das primeiras floradas, sendo recomendada para estimular a postura da rainha e o desenvolvimento da colônia e produzida pela mistura de quatro partes de

água morna, uma parte de mel e cinco partes de açúcar, misturados a 100g de soja para cada 18 litros de xarope.

Pereira, Freitas e Lopes (2011) recomendam diversas formulações de alimentações energéticas de acordo com a finalidade. Para estimular a postura, os autores recomendam o fornecimento, duas vezes em 15 dias, de 700g/colônia de açúcar, ou xarope de frutose com água na proporção de 1:1. Para o desenvolvimento da colônia, eles sugerem fornecimento de um litro de xarope de água com açúcar (proporção de 50% de cada ingrediente). Na construção de favos e produção de mel, fornecer 37 kg de açúcar em 51 dias, na forma de xarope de água e açúcar (proporção de 1:1). Já para a manutenção das colônias após a colheita, a oferta de quatro a seis litros de xarope com 70% de frutose e 30% de água, uma única vez. Antes da colheita ou para estimular a polinização, a disponibilização de dois a quatro litros de xarope de frutose e água (55 e 45%, respectivamente). Utilizar xarope de açúcar (sacarose) invertido para evitar o abandono do ninho, na quantidade de 500 ml, uma vez por semana ou um litro duas vezes por semana é aconselhado para a manutenção do nível populacional da colônia.

O apicultor deve conhecer bem o manejo, os alimentadores e a alimentação energética que vai distribuir às suas colônias, para evitar intoxicação, mortalidade, pilhagem e ataque de inimigos naturais.

### **Alimentação proteica**

Um alimento proteico de qualidade deve reunir as seguintes características: ser consumido pelas abelhas (aceitabilidade), ser facilmente digerido (alta digestibilidade), ter um bom valor nutricional, ou seja, boa representatividade das substâncias que compõem o pólen (aminoácidos essenciais, proteínas, lipídeos, sais minerais e vitaminas), deterioração, disponibilidade no mercado e baixo custo (PEREIRA, *et al.*, 2006; HUANG, 2010).

Nenhuma ração, suplemento ou alimentação proteica fornecida individualmente é completa na substituição do pólen apícola. Entretanto, dependendo da localização geográfica do apiário e da época do ano, o sinergismo entre o pasto apícola disponível e essas substâncias podem manter, desenvolver e até fazer com que as colônias produzam mel ou outros produtos apícolas (COUTO, 1998).

O valor dos nutrientes presentes nas rações variará de acordo com os componentes utilizados na suplementação ou substituição do pólen. Dessa forma, no que diz respeito ao desenvolvimento das crias e da colônia, a partir da alimentação proteica, o pólen fresco obtém os melhores resultados, seguido pelo congelado, depois pelo desidratado e, em seguida, pelas

alimentações contendo pólen. As rações com piores resultados serão aquelas que não contêm pólen (SOMERVILLE, 2005).

Um dos grandes empecilhos encontrados por apicultores ao formularem suas rações proteicas é a disponibilidade do pólen, seja como ingrediente ou puro. A opção pela compra do pólen aumenta ainda mais os custos, que são agravados em períodos de estiagem, onde há uma maior dificuldade de encontrar o produto. Lira (2014) demonstrou que o custo de produção de uma ração proteicas à base de pólen é mais oneroso (R\$ 37,66/kg) do que outra com levedura de cerveja e soja (R\$ 14,12/kg).

Pereira (2010) recomenda alternativas de baixo custo para a substituição do pólen como fonte de proteína na alimentação de abelhas melíferas africanizadas, dentre as quais estão a polpa do fruto do Jatobá (*Hymenaea* spp.) com 7,39% de proteína bruta, misturada ao mel ou adicionada ao xarope na proporção de 10% por litro. Essa solução estimula a postura da rainha e o desenvolvimento da colônia. Outra opção é o farelo de babaçu (*Orbygnia martiana*, atualmente identificada como *Attalea speciosa*), que apresenta 18,62% de proteína bruta. Outras alternativas são: vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*) moída e peneirada, que possui 7,36% de proteína bruta e pode ser fornecida na forma pura de pasta ou enriquecida com xarope de água e açúcar; a pasta de folha de mandioca e vagem de algaroba (2:1), adicionada de 500 ml de xarope invertido, que pode promover o crescimento de até 280% da área de reservas e 58% das áreas de crias; e colônias alimentadas com pasta de folha de mandioca, farelo de babaçu e 500 ml de xarope invertido podem obter o crescimento de até 291% da área de cria.

Alcárcel (2011) testou formulações de rações com 23% de proteína bruta para *Apis mellifera*, mas o suplemento composto com 45% de farelo de soja, 40% de farinha de pupunha e 15 de açúcar cristal destacou-se por ser mais consumido pelas abelhas, aumentando a área de crias (principalmente de operárias) e mantendo as colônias no período de escassez de alimentos.

Para manutenção de colônias de abelhas africanizadas no período seco, Castagnino *et al.* (2004) recomendam a utilização de ração com farelo de soja, farelo de milho e farinha de trigo, em proporções iguais, mais a adição de 5% de açúcar cristal. Esse suplemento aumentou a área de crias e de reservas, especificamente de pólen.

Colônias de *Apis mellifera* que receberam alimento energético-proteico, formulado com um litro de açúcar invertido e 20 ml do suplemento proteico-vitamínico Promotor L ®, uma vez por semana, apresentaram um maior crescimento da área de ovos, larvas, pupas, mel e pólen (SCHAFASCHEK, *et al.*, 2011).

Para a manutenção das colônias pós-colheita, deve-se fornecer uma única vez um alimento com no mínimo 12% de proteína bruta, na proporção de 250 a 500 gramas. Para

desenvolvimento da colônia, deve ser fornecida alimentação com no máximo 24% de proteína bruta (para evitar intoxicação), na quantidade de 300 a 500 gramas, semanalmente, de cinco a seis semanas antes das primeiras floradas. Já para manutenção, devem ser fornecidos 200 a 300 gramas de alimentação proteica (com 12% de proteína bruta), semanalmente (MALDONADO, 1999).

Lira (2014) utilizou, para o desenvolvimento de colônia de *Apis mellifera*, uma pasta com 45% de levedura de cerveja, 54 % de açúcar de confeito e 1% com ingredientes, como proteína isolada de soja, canela em pó, gema de ovo, óleo de canola, óleo de milho, suco de limão com casca, óleo essencial de capim santo, ácido cítrico, vitamina C, complexo vitamínico comercial, todos misturados com adição de água até se atingir a consistência pastosa.

Para manutenção e desenvolvimento de colônias de abelhas melíferas africanizadas, Couto (1998) descreve duas formulas. A primeira é uma mistura de 10% de pólen seco e moído, 25% de açúcar, 50% de farelo de soja e 15% de mel, acrescentando-se água, até que ganhe a consistência de pasta, e fornecendo-se de 100 a 200 gramas por colônia semanalmente. Essa mistura apresenta 25% de proteína bruta. A segunda, que contém a mesma porcentagem de proteína da ração anterior, é formulada com 70% de farelo de trigo e 30% de farelo de soja. Para aumentar sua palatabilidade, é misturada a três partes de mel, deixada em repouso por uma semana e fornecida na mesma quantidade e proporção que a primeira ração.

Lengler *et al.* (2000b) recomendam o fornecimento de um suplemento proteico – 60% de açúcar refinado, 30% de açúcar invertido e 10% de pólen (leite em pó, soro de leite, proteína de soja, açúcar, flavorizante, antioxidante, probiótico, complexo vitamínico) – para o desenvolvimento da área de crias e reservas de pólen no período de escassez de alimentos.

Dietas contendo 60% de açúcar refinado, 20% de açúcar invertido, 10% de água, 05% de pólen apícola e 05% de farinha láctea ajudam na manutenção e desenvolvimento das colônias e na produção de mel (LEGLER, *et al.*, 2000a). Lengler *et al.* (2002) recomendam ainda o uso de mais duas formulações proteicas, a primeira com 60% açúcar refinado, 30% açúcar invertido e 10% terneron (sucedâneo fornecido a bezerras), e a segunda com 60% açúcar refinado, 30% açúcar invertido e 10% levedura seca de cana de açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) para o desenvolvimento da área de cria, aumento das reservas de mel e pólen (com os melhores resultados observados na primeira ração).

O uso de dois suplementos proteicos com 35% de proteína bruta, um fornecido inicialmente para frangos de corte e o outro um suplemento proteico comercial, não altera nem a aceitação das larvas de abelhas melíferas africanizadas, nem a produção de geleia real quer seja produzida por colônia, quer seja por cúpula (TOLEDO, *et al.*, 2010).

Há uma grande quantidade de formulações para alimentação artificial tanto energética quanto proteica disponível na literatura, mas há poucas ofertas comerciais destas formulações prontas para serem administradas para abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). Mas o que é mais decisivo para o uso delas é a disponibilidade dos ingredientes para o apicultor, o custo da formulação e a facilidade no preparo.

### **3 ÍNDICE E TEMPO MÉDIO DE MORTALIDADE DE OPERÁRIAS DE *Apis mellifera* ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO INGREDIENTES USADOS EM RAÇÕES PROTEICAS**

#### **RESUMO**

A abelha *Apis mellifera* normalmente obtêm das flores os nutrientes que precisa para sobreviver e desenvolver sua colônia. Na ausência de flores, os apicultores recorrem a alimentos proteicos disponíveis no mercado ou rações elaboradas a partir deles. No entanto, muitos desses alimentos podem ser tóxicos para as abelhas se utilizados em grandes quantidades ou simplesmente não produzirem os resultados esperados. Objetivou-se com este trabalho identificar a toxicidade de alguns ingredientes proteicos usados em rações para abelhas bem como a longevidade propiciada por eles em operárias de *Apis mellifera*. Para tanto, abelhas operárias recém-emergidas foram acondicionadas em gaiolas onde todas recebiam xarope de água e açúcar (1:1) como a alimentação energética, mas divididas em seis tratamentos: T1 – testemunha negativa, que não recebeu nenhuma fonte proteica, apenas o xarope de açúcar e água; T2 – pólen, testemunha positiva; T3 - extrato de soja (não transgênico); T4 - suplemento alimentar; T5 - albumina; e T6 - leite em pó. Cada tratamento contou com três gaiolas e foram realizadas três repetições. A partir da morte das operárias ao longo dos dias, obteve-se o índice de mortalidade e tempo médio de mortalidade das abelhas em função do alimento ingerido. Os resultados mostraram que o extrato de soja e a albumina apresentaram índices de mortalidade iguais ou menores ao do pólen e tempo médio de mortalidade superior, e significativamente diferente dos demais tratamentos ( $p < 0,05$ ). Conclui-se que o extrato de soja e a albumina podem ser usados tanto como ingredientes de rações apícolas como na forma de alimento proteico puro, enquanto que o leite em pó e o suplemento alimentar apenas como ingredientes proteicos em formulações de rações, desde que em quantidades não tóxicas.

**Palavras-chave:** Apicultura. Manejo apícola. Toxicidade. Rações apícolas.

## ABSTRACT

The *Apis mellifera* bee normally obtains the nutrients it needs to survive and develop its colony from the flowers. In the absence of flowers, bee-keepers rely on protein foods available in the market or feeds made from them. However, many pieces of this food can be toxic to bees if used in large quantities or if they do not produce the expected results. The objective of this work was to identify the toxicity of some protein ingredients used in feeds for bees as well as the longevity provided by them in *Apis mellifera* worker bees. Therefore, newly emerged worker bees were housed in cages where they all received water and sugar syrup (1: 1) as energetic feed, but divided into six treatments: T1 - negative control, which received no protein source, only sugar and water syrup; T2 - pollen, positive control; T3 - soy extract (non-transgenic); T4 - food supplement; T5 - albumin; and T6 – powdered milk. Each treatment had three cages and three repetition were performed. From the death of the worker bees over the days, the mortality rate and the average time of mortality of the bees were obtained according to the food intake. The results showed that soybean extract and albumin meant mortality rates equal to or lower than pollen as well as an average mortality time superior and significantly different from the other treatments ( $p < 0.05$ ). It can be concluded that soybean extract and albumin can be used both as ingredients of apicultural feeds and as pure protein food, while powdered milk and vitamin-mineral supplement only as protein ingredients in feed formulations, as long as in non-toxic amounts.

**Key words:** Apiculture. Apicultural management. Toxicity. Apicultural feeds.

## INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade dependente dos fatores ambientais, apresentando como grande dificuldade a manutenção das colônias nos períodos de escassez de recursos florais (HOLANDA-NETO, *et al.*, 2015). A abelha *Apis mellifera* se adapta muito bem a essas mudanças sazonais por meio de modificações comportamentais, como a redução da população, das reservas alimentares e abandono da colmeia (RAMALHO-SOUSA, *et al.*, 2017). Diante da situação de falta de alimento natural, a alimentação artificial pode minimizar esses comportamentos por parte das colônias, mantendo a postura da rainha, reduzindo o consumo das reservas e assegurando que as colmeias povoadas cheguem ao início da safra com grande população de abelhas de forma a propiciar um aumento da produção apícola (LIMA, *et al.*, 2016). Por outro lado, em regiões onde ocorre a falta de néctar e pólen no pasto apícola, colônias que não recebem uma alimentação artificial balanceada abandonam suas colmeias ou não conseguem atingir o seu potencial de produtividade durante a safra (ANDRADE, *et al.*, 2013).

A alimentação artificial deve fornecer os nutrientes necessários para sobrevivência e manutenção das colônias que as abelhas normalmente encontram no pasto apícola, como a água, os carboidratos, as proteínas, os sais minerais, as vitaminas e os lipídeos (SAMMATARO; WEISS, 2013). Quando a alimentação artificial fornece o mínimo dos nutrientes necessários, é classificada como de manutenção, mas é considerada estimulante se buscar o aumento da população de abelhas na colônia (PEREIRA, *et al.*, 2014a).

O início do fornecimento da alimentação artificial às colônias está diretamente ligado ao final da oferta de recursos por parte do pasto apícola. Dessa forma, o conhecimento de informações da flora apícola, como época, período e pico de floração por parte do apicultor são de fundamental importância para o sucesso da atividade (PEREIRA, *et al.*, 2014b). O suplemento fornecido pode ser energético, proteico ou os dois, e deve apresentar características como boa atratividade, baixa deterioração, baixo custo, disponibilidade no mercado e bom valor nutricional (LIRA, 2014). Suplementos energéticos podem ser facilmente ofertados por meio de xaropes de água e açúcar em variadas concentrações. Suplementos proteicos eficientes para as colônias, no entanto, são mais difíceis de obter ou preparar, seja devido a custos, disponibilidade de ingredientes ou digestibilidade e composição que assegurem os nutrientes necessários às colônias (SHEHATA, 2016).

Um suplemento proteico ideal seria aquele que, além de ser viável economicamente, após ser coletado e ingerido fornece os elementos nutricionais essenciais para o crescimento e desenvolvimento da colônia, aumentando a longevidade e a capacidade de

produção das abelhas (SEREIA, *et al.*, 2010). Vários produtos de origem animal e vegetal têm sido usados na formulação de alimentos proteicos para as abelhas *Apis mellifera*, a maioria sem resultados positivos.

Dentre os mais promissores e usados, pode-se destacar o extrato de soja, rico em proteínas (41,8%) e em aminoácidos essenciais para as abelhas (PENHA, *et al.*, 2007); a albumina, que apresenta 89,91% de proteína bruta (TURCATTO, 2011); complexos vitamínicos e minerais, que são amplamente utilizados como promotores de crescimento e fornecidos às abelhas no xarope de água com açúcar ou como ingrediente de rações proteicas (CASTAGNINO, *et al.*, 2006; SCHAFASCHEK, *et al.*, 2008) e até de forma pura; e o leite em pó, que é comumente utilizado na forma de sucedâneo de leite, cereais lácteos ou associado a outros ingredientes (COELHO, *et al.*, 2008; PINTO, 2010; ALCARCEL, 2011).

O presente estudo objetivou comparar o índice de mortalidade e o tempo médio de mortalidade de abelhas melíferas alimentadas em laboratório com esses ingredientes proteicos encontrados no comércio de qualquer região do Brasil, visando identificar aqueles não tóxicos e que propiciem maior longevidade às abelhas. Os testes de suplementos artificiais em laboratório são mais indicados do que a campo, pois são menos dispendiosos, podem ser repetidos diversas vezes, obtêm resultados mais rápidos e não são afetados por condições climáticas adversas encontradas no meio ambiente. Entretanto, eles necessitam de uma manutenção adequada das abelhas, para permitir que a extrapolação entre os dois ambientes seja a mais precisa possível (BRIGHENTI, 2009).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Local do experimento**

A pesquisa foi realizada de julho a outubro de 2016, no Laboratório de Geleia Real e Rainhas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Pau dos Ferros, sediado na cidade de mesmo nome, localizada a 410 km de distância de Natal, capital do Rio Grande do Norte, Brasil (QUEIROZ, *et al.*, 2017).

### **Obtenção dos ingredientes**

Os ingredientes utilizados para a formulação da ração foram adquiridos no comércio local. Levou-se em conta ainda o fato de serem utilizados como alimentos para as abelhas (de forma empírica ou científica), serem de fácil fornecimento, consumo e armazenamento (todos em pó) e apresentarem elevado valor proteico. Dessa forma, os ingredientes selecionados foram o extrato de soja (não transgênico), a albumina e um suplemento alimentar (Aminomix®) em pó, facilmente encontrado no comércio em lojas de ração animal e de composição semelhante ao Promotor L®, comercializado na forma líquida e fornecido às abelhas por alguns apicultores. Todos foram comparados com o pólen apícola adquirido de um entreposto de mel e produtos apícolas no município de São José do Rio Preto – SP. Para que apresentasse a mesma granulometria dos demais ingredientes e também para facilitar o fornecimento para as abelhas, o pólen foi passado em um moinho até adquirir consistência de pó.

### **Montagem das gaiolas**

As abelhas utilizadas no estudo foram obtidas introduzindo-se um quadro de crias emergentes de *Apis mellifera* em uma estufa B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) com temperatura e umidade controladas constantemente a 34°C e 67%, respectivamente. À medida que as abelhas emergiam, foram agrupadas em grupos de 50 e colocadas em gaiolas de madeira com dimensões de 8 x 11 x 13cm, semelhantes às usadas por Alves (2010) e cujas laterais possuíam vidro para facilitar a visualização e piso telado que auxiliava na higienização (Figura 1).

Figura 1 – (A) Quadros de crias de colmeias de *Apis mellifera* com operárias prestes a emergirem em uma estufa B.O.D. (B) Gaiola de madeira e laterais de vidro para facilitar a visualização e piso telado que auxiliava na higienização contendo abelhas alimentadas com diferentes dietas.



A água e a alimentação energética foram ofertadas na quantidade de 10 ml cada, em vidros de coloração âmbar com suas tampas perfuradas e instalados de ponta-cabeça na parte superior das gaiolas. Os ingredientes foram ofertados em tampas plásticas vermelhas, colocadas no centro da parte inferior das gaiolas, com 500 mg do alimento (Figura 2). Diariamente, a alimentação era retirada e trocada para evitar possível processo fermentativo que pudesse mascarar as causas da mortalidade das abelhas. O xarope de açúcar, também trocado diariamente, foi ofertado a todos os tratamentos como a alimentação energética e preparado na proporção de uma parte de água para uma de açúcar.

Figura 2 – (A) Vidros de coloração âmbar de 20 ml, com tampas de conta gotas, que foram cortadas e perfuradas para facilitar o fornecimento da água e alimentação energética. (B) Tampas plásticas de coloração vermelha, utilizadas para o fornecimento da alimentação sólida.



### Obtenção dos dados

Todas os tratamentos receberam água e xarope de água e açúcar. Dessa forma, o experimento foi dividido em seis tratamentos: T1 – testemunha negativa, que não recebeu nenhuma fonte proteica, apenas o xarope de açúcar e água; T2 – pólen, testemunha positiva; T3 - extrato de soja (não transgênico); T4 - suplemento alimentar; T5 - albumina; e T6 - leite em pó. Cada tratamento contou com três gaiolas, tendo sido realizadas três repetições.

O efeito dos ingredientes sobre as abelhas foi mensurado pelo índice de mortalidade (IM) e pelo tempo médio de mortalidade (TMM) (PEREIRA, 2005). Para obtenção do IM e do TMM, todas as abelhas mortas eram retiradas das gaiolas e anotadas, até que não restassem mais operárias nas caixas. O cálculo do índice de mortalidade em cada gaiola foi feito pela razão entre a quantidade de abelhas mortas e o número de dias do experimento. O resultado foi expresso em abelhas/dia, conforme a equação a seguir:

$$IM = \frac{\text{Quantidade de abelhas mortas}}{\text{Nº de dias do experimento}}$$

O tempo médio de mortalidade, expresso em dias, foi calculado pela razão entre o somatório das abelhas mortas multiplicado pelo número do dia de confinamento e número de abelhas colocadas em cada gaiola, conforme demonstrado na fórmula a seguir:

$$TMM = \frac{\sum(\text{nº de abelhas mortas} \times \text{nº do dia de confinamento})}{\text{nº de abelhas colocadas na gaiola}}$$

## **Análise estatística**

O experimento usou o delineamento inteiramente casualizado, e as análises estatísticas foram feitas por meio de análises de variância (ANOVA) dos dados obtidos para o índice e tempo médio de mortalidade. As médias que apresentaram diferença estatística foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey, a um nível de probabilidade de 5% e com o programa estatístico BioStat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) no IM (índice de mortalidade) das abelhas segundo os ingredientes testados (Tabela 1). As abelhas alimentadas com o suplemento alimentar apresentaram o maior índice de mortalidade, diferindo ( $p < 0,05$ ) de todos os demais tratamentos, exceto do leite em pó e da testemunha negativa (T1). Os dois últimos, por sua vez, também não diferiram ( $p > 0,05$ ) dos tratamentos com pólen (testemunha positiva) e albumina, mas foram significativamente ( $p < 0,05$ ) superiores ao tratamento com extrato de soja. Já os tratamentos com pólen e albumina não diferiram ( $p > 0,05$ ) daquele do extrato de soja (Tabela 1).

No que se refere ao TMM (tempo médio de mortalidade), também foram observadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos (Tabela 1). As abelhas alimentadas com extrato de soja ou albumina apresentaram as maiores longevidades e não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si, mas viveram significativamente ( $p < 0,05$ ) mais do que aquelas dos demais tratamentos. Não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) na longevidade das abelhas alimentadas com pólen (testemunha positiva), leite em pó, suplemento vitamínico ou a testemunha negativa, alimentada somente com xarope de açúcar (Tabela 1).

Tabela 1 - Médias e desvios-padrão do Índice Mortalidade (IM) e Tempo Médio de Mortalidade (TMM) de operárias de *Apis mellifera* alimentadas com diferentes tratamentos, observados de julho a outubro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.

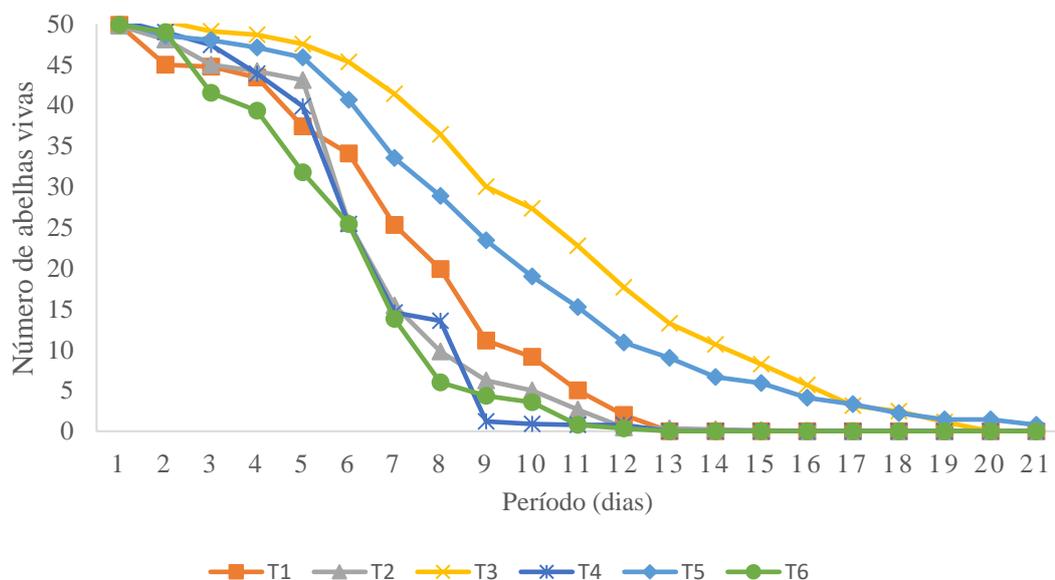
Tratamento	IM (abelha/dia)	TMM (dias)
Xarope (testemunha negativa)	5,76 ± 1,94ab	6,54 ± 2,09b
Pólen (testemunha positiva)	4,60 ± 0,88bc	5,84 ± 0,50b
Extrato de soja	2,92 ± 0,22c	10,0 ± 1,57a
Suplemento alimentar	7,49 ± 1,90a	5,69 ± 1,11b
Albumina	3,37 ± 0,98bc	8,88 ± 1,99a
Leite em pó	6,46 ± 1,66ab	5,23 ± 1,86b

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os tratamentos com xarope de água e açúcar (testemunha negativa) e o pólen (testemunha positiva) serviram como parâmetros para comparar a mortalidade e a longevidade das abelhas em função dos alimentos ofertados que não são normalmente consumidos na colônia (extrato de soja, albumina, leite em pó e suplementos vitamínicos). Dessa forma, alimentos tóxicos levariam as abelhas a óbito em menor tempo do que os recursos naturalmente utilizados pelas colônias e alimentos adequados apresentariam índices semelhantes ao da

testemunha positiva. No entanto, no presente estudo o tratamento com pólen só diferiu do suplemento alimentar para IM do extrato de soja e albumina para o TMM. Pereira, *et al.* (2007), ao verificarem a toxicidade de alimentos alternativos, também somente observou diferença estatística entre a testemunha negativa e a positiva para o IM e TMM no produto mais tóxico testado, a farinha de bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*). Os resultados do presente estudo mostraram que o suplemento alimentar em forma pura é extremamente tóxico para as abelhas e que a administração de extrato de soja e albumina proporciona a longevidade desses insetos (Figura 3).

Figura 3 - Curva da taxa de mortalidade de abelhas submetidas aos tratamentos com os ingredientes T1: testemunha; T2: pólen; T3: extrato de soja; T4: suplemento alimentar; T5: albumina; T6: leite em pó, criadas em gaiolas nas condições de laboratório.



A soja é um dos alimentos mais utilizados na alimentação de *Apis mellifera*, mesmo com 40% dos seus açúcares apresentando toxicidade para as abelhas (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010; PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011). Dessa forma, seu fornecimento deveria ser evitado. No entanto, testes de laboratório com abelhas confinadas em gaiolas não têm observado toxicidade (BRIGHENTI, *et al.* 2011; presente estudo). Esses resultados têm se confirmado em campo, pois estudos utilizando a soja como ingrediente de suplementos proteicos ou como única fonte de proteína têm proporcionado um bom desenvolvimento das larvas de *Apis mellifera* (COELHO, *et al.*, 2008). Quando o produto é usado na forma de farelo de soja, misturada ao farelo de arroz, levedura de cana, açúcar, água, farinha de milho e mel,

há uma elevação dos níveis de proteína na hemolinfa e aumento na área de crias e peso da colônia (TURCATTO, 2011). O extrato de soja associado à soja tostada, ao farelo de milho e ao açúcar cristal é eficiente para a manutenção de colônias, evita a redução da população e aumenta a área de crias e reservas no período de escassez de alimentos (ALCÁCER, 2011). Na sua forma de proteína isolada e associada ao óleo de linhaça, óleo de palma e levedura de cerveja, a soja é recomendada como uma importante ferramenta para o aumento da produção (SEREIA, *et al.*, 2013). Apesar de ter apresentado uma menor mortalidade e maior longevidade no presente estudo, a soja é significativamente menos consumida do que alimentos com pólen (LI, *et al.*, 2012). De outra forma, a soja estimula a postura no período de escassez de floradas, evita o aparecimento de doenças e não afeta a produção de mel (AVILEZ; ARADENA, 2007). Finalmente, a soja apresenta mais uma vantagem como ingrediente proteico ou na elaboração de suplementos, que é seu menor custo de aquisição se comparado a outras fontes de proteína (MUICELA, 2017).

Outro produto proteico testado que apresentou bom desempenho foi a albumina. Na verdade, esse resultado poderia ser previsto, uma vez que a albumina é a forma como pupas de *Apis mellifera* estocam proteína nos corpos gordurosos para utilizá-la na vida adulta. Abelhas alimentadas com albumina apresentam, posteriormente, a presença dessa substância na hemolinfa (TURCATTO, 2011), demonstrando a absorção do produto, pois as operárias não estocam albumina na vida adulta. Dessa maneira, a albumina pode ser caracterizada como um bom alimento para operárias adultas, já que estas apresentam baixas reservas da referida substância nessa fase da vida, especialmente se oriundas de colônias com baixa disponibilidade de alimento na vida larval (WINSTON, 2003; WANG, *et al.*, 2016). A albumina, quando testada a campo, apresenta um melhor aproveitamento em relação a outros suplementos proteicos, pois é menos consumida e estimula um aumento na área de crias (LIMA, *et al.*, 2016). Mancini (2010) observou que a albumina associada a outros ingredientes também não apresenta mortalidade das abelhas em laboratório. Porém, a campo, essa mistura não apresentou consumo diferenciado quando ofertada *in natura* ou tostada, não aumentando a área de cria, o nível de proteína e lipídeos na hemolinfa, a matéria seca do corpo das abelhas nem o peso da colônia. Uma possível utilização da albumina pura, como no presente estudo, poderia apresentar efeitos diferentes, mas teria como fator limitante o custo do produto.

Suplementos alimentares para abelhas são comumente utilizados por apicultores para promover a manutenção e o desenvolvimento da área de crias (LEGLER, 2000; SCHAFASCHEK *et al.*, 2008). No entanto, esse produto, na maioria das vezes, é associado a outros alimentos, como o xarope de água e açúcar para reduzir sua toxicidade para as abelhas.

Pinto (2010), por exemplo, ofertou uma ração com levedura inativada de cana-de-açúcar, proteína texturizada de soja e um suplemento vitamínico-proteico na forma de pasta e não observou mortalidade nos testes de campo e laboratório. Da mesma forma, Lira (2014) observou resultado semelhante ofertando o suplemento alimentar na forma de drágeas adicionadas à ração proteica. No presente estudo, no entanto, o modo como o suplemento foi ofertado (puro e em pó) pode ter influenciado a mortalidade das abelhas. Foi observada uma rejeição inicial por parte das abelhas devido ao forte cheiro apresentado pelo produto, porém, elas acabavam por consumi-lo, somente vindo a apresentar elevada mortalidade a partir do quinto dia de consumo. A toxicidade está aparentemente relacionada à quantidade do suplemento fornecido, pois Castagnino, *et al.* (2006) ofertaram 3,5ml/colônia do Promotor L® (suplemento alimentar) diluído em xarope invertido de açúcar e observaram mortalidade de abelhas que o consumiram. Por outro lado, Mancini (2010) não observou mortalidade nos testes de laboratório e campo ao ministrar às abelhas xarope de frutose com 5% de concentração desse mesmo produto. Sendo assim, suplementos vitamínico-minerais devem ser usados apenas como aditivos às rações das abelhas, evitando, assim, seu uso como substitutivo proteico.

No que se refere ao ingrediente leite em pó testado, as abelhas alimentadas com esse produto apresentaram um comportamento letárgico e em alguns casos se observou disenteria, seguida de morte. A oferta direta de leite em pó provocou o maior número de mortes nos primeiros dias de confinamento, e nenhuma das abelhas sobreviveu mais do que 12 dias. Abelhas jovens têm dificuldade de sintetizar enzimas digestivas, como a  $\beta$ -galactosidase, responsável pela digestão da lactose, o principal açúcar do leite, pois essas abelhas ainda estão completando o desenvolvimento dos seus tecidos e glândulas. Mesmo que já completamente desenvolvidas, a  $\beta$ -galactosidase só consegue digerir entre 5 e 10% da galactose e da lactose nas operárias adultas, o que torna alimentos com níveis acima desses limites, como o leite em pó, potencialmente tóxicos para abelhas (WINSTON, 2003; GRESSLER, 2004; PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011). No entanto, quando esses valores são considerados, o leite pode ser um ingrediente importante na formulação de rações para abelhas. Taha (2015) utilizou exatamente a proporção de 10% de leite desnatado na formulação de um suplemento e observou crescimento da colônia, estocagem de pólen e produção de mel.

A utilização de sucedâneos de leite pode ser uma alternativa para a alimentação de abelhas melíferas com produtos lácteos, pois na sua fabricação os sucedâneos têm seus componentes lácteos substituídos total ou parcialmente por produtos de origem animal ou vegetal. Essa redução pode ocorrer a um nível aceitável para as abelhas, assim como o observado por Pereira, *et al.* (2007), que testaram o sucedâneo de leite na alimentação de

abelhas *Apis mellifera* confinadas em laboratório e não observaram sua mortalidade. O uso do sucedâneo a campo, no entanto, não demonstrou a mesma eficiência, não tendo sido observado aumento na área de cria, mas um elevado consumo por parte das colônias (AVILEZ e ARANEDA, 2007).

## CONCLUSÕES

O extrato de soja e a albumina apresentaram potencial para o uso tanto como ingredientes de rações apícolas como na forma de alimento proteico puro para abelhas *Apis mellifera* em períodos de escassez de floradas, uma vez que não são tóxicos para as abelhas e apresentam desempenho no mínimo equivalente ao do pólen. O leite em pó, por sua vez, pode ser usado apenas em baixas proporções como ingrediente proteico em formulações de rações, nunca como alimento exclusivo. Já o suplemento alimentar mostrou-se extremamente tóxico na forma pura e, caso seja usado, deve ser em diminutas quantidades apenas para balancear rações no conteúdo de vitaminas e minerais.

#### **4 TOXICIDADE, DIGESTIBILIDADE E GANHO DE PESO DE *Apis mellifera* ALIMENTADAS COM RAÇÕES PROTEICAS**

##### **RESUMO**

O objetivo do presente estudo foi comparar uma ração experimental para abelhas *Apis mellifera* (desenvolvida em laboratório), com um suplemento comercial, ambos com 25% de proteína bruta, através de sua toxicidade, digestibilidade e ganho ou perda de peso. Avaliou-se a toxicidade pelo Índice de Mortalidade (IM) e pelo Tempo Médio de Mortalidade (TMM), e a digestibilidade e o ganho de peso pelo número de abelhas confinadas e alimentadas com as duas rações. O experimento foi dividido em quatro tratamentos todos compostos por água, xarope de açúcar e alimentação sólida, com exceção do tratamento testemunha negativa (T1), no qual as abelhas não receberam nenhuma alimentação sólida. Os outros tratamentos foram: pólen – testemunha positiva (T2), ração experimental (T3) e ração comercial (T4). O Índice de Mortalidade variou entre 4,08 a 5,22 abelhas por dia, o Tempo Médio de Mortalidade variou de 6,5 a 7,9 dias, a digestibilidade foi de 94,73 a 97,1% e houve uma perda de peso de 5,1 a 21,5 mg/abelha. Conclui-se que as duas rações testadas podem ser utilizadas na alimentação artificial de *Apis mellifera*, pois não apresentaram potencial tóxico, demonstraram ter digestibilidade e ganho de peso equivalentes ao do pólen, sendo possível produzir localmente uma ração adequada nutricionalmente para as abelhas. Finalmente, o desenvolvimento de novos métodos para avaliar a digestibilidade e o ganho ou perda de peso é necessário, haja vista que a fórmula utilizada atualmente se mostra influenciada respectivamente pelo consumo de água e xarope e pelo pouco tempo de confinamento das abelhas.

**Palavras-chave:** Apicultura. Manejo apícola. Alimentação artificial. Nutrição animal.

## ABSTRACT

The objective of the present study was to compare an experimental feed for *Apis mellifera* bees (laboratory-developed), with a commercial supplement, both with 25% crude protein, through its toxicity, digestibility and gain or loss of weight. The toxicity was evaluated by the Mortality Rate (MR) and the Average Time of Mortality (ATM), and the digestibility and weight gain by the number of bees confined and fed on both feeds. The experiment was divided in four treatments all composed of water, sugar syrup and solid feed, with the exception of the negative control treatment (T1), in which the bees received no solid feed. The other treatments were: positive control pollen (T2), experimental feed (T3) and commercial feed (T4). The Mortality Rate ranged from 4.08 to 5.22 bees per day, Average Time of Mortality ranged from 6.5 to 7.9 days, the digestibility ranged from 94.73 to 97.1% and there was a loss of weight of 5.1 to 21.5 mg/bees. It is concluded that the two feeds tested can be used in the artificial feeding of *Apis mellifera*, as they did not present toxic potential, they showed digestibility and weight gain equivalent to that of pollen and it is, therefore, possible to produce locally a nutritionally adequate feed for the bees. Finally, the development of new methods to evaluate digestibility and gain or loss of weight is necessary, since the current formula is influenced respectively by the consumption of water and syrup, and by the short time of confinement of the bees.

**Key words:** Apiculture. Apicultural management. Artificial feeding. Animal nutrition.

## INTRODUÇÃO

As características reprodutivas e produtivas da abelha *Apis mellifera* africanizada são diretamente influenciadas pelo clima e disponibilidade de alimento de cada região (COSTA, *et al.*, 2007). Dessa forma, a apicultura depende diretamente dos recursos florais (néctar e pólen), que podem sofrer uma redução nos períodos de entressafra devido à diminuição das floradas (COELHO, *et al.*, 2008).

Em regiões de alta pluviosidade, como a Amazônia, as operárias podem encontrar dificuldades de forragear durante as chuvas devido à quase impossibilidade de voo e à diluição dos recursos florais, reduzindo as reservas da colônia e conseqüentemente a postura da rainha (RAMALHO-SOUSA, *et al.*, 2017). Por outro lado, em regiões de clima árido, como o Nordeste do Brasil, caracterizadas por períodos muito curtos de abundância de alimentos intercalados por longos períodos de estiagem e falta de recursos florais, a falta de alimento associada a técnicas de manejo pouco eficazes levam a taxas de abandono de colmeias superiores a 75% (PEREIRA, *et al.*, 2014a). Portanto, entre outras estratégias para maximizar a produtividade apícola, faz-se necessária a adoção de técnicas de manejo alimentar visando à manutenção das colônias nos períodos de escassez de floradas (HOLANDA-NETO *et al.*, 2015).

Existem diversas formulações de alimentos artificiais para abelhas disponíveis na literatura, caracterizados como energéticos, proteicos ou os dois. Seu uso depende do apicultor e da disponibilidade na região. No entanto, é necessário considerar que o alimento utilizado deve possuir alto valor nutritivo, satisfazer as demandas nutricionais das abelhas, tanto para sua subsistência quanto para o desenvolvimento populacional. Os ingredientes usados não podem ser tóxicos, não devem servir de vetor para patógenos e necessitam ser devidamente processados, para que não venham a fermentar ou oxidar, matando as abelhas (NETO, *et al.*, 2015; PEREIRA, *et al.*, 2007).

Deficiências nutricionais nas rações, sejam de carboidratos, proteínas, lipídeos, sais minerais, vitaminas ou água, suspendem o desenvolvimento das crias e conseqüentemente da colônia, influenciado também na sua manutenção, reprodução, longevidade. Essas deficiências ainda podem provocar estresse, proporcionando o aparecimento de doenças e até a pilhagem entre as colônias do apiário. Conseqüentemente a produção é diretamente afetada, podendo ser reduzida em até 40%. Entretanto, rações com níveis nutricionais muito elevados podem incrementar o custo da suplementação e gerar problemas para as colônias, como desequilíbrio nutricional nos processos biológicos (PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011).

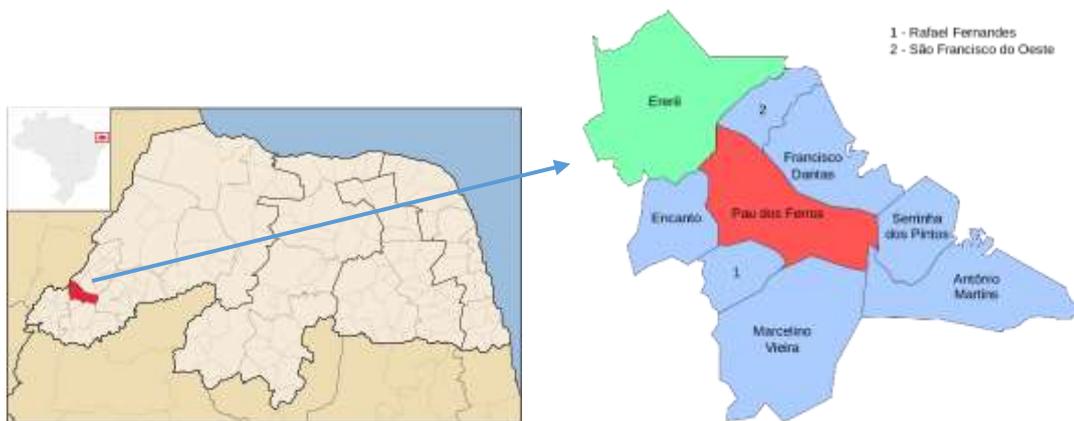
O conhecimento prévio, por parte do apicultor, sobre a toxicidade do alimento, seu aproveitamento pelas abelhas (digestibilidade) e sua contribuição no desenvolvimento da colônia (ganho de peso) é necessário para a correta administração das abelhas. O presente estudo teve como objetivo verificar a toxicidade, a digestibilidade e o ganho ou perda de peso proporcionado por duas rações proteicas em abelhas *Apis mellifera*, sendo uma comercial, encontrada facilmente no mercado, mas com proporção desconhecida dos ingredientes; e outra elaborada localmente com composição e balanceamento dos ingredientes em função das necessidades nutricionais dessa abelha.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do experimento

A pesquisa foi conduzida de outubro a dezembro de 2016, no Laboratório de Geleia Real e Rainhas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), campus Pau dos Ferros, no município de Pau dos Ferros, no Rio Grande do Norte (Figura 4). O laboratório está situado a 200m de altitude em relação ao nível do mar, latitude de 6° 06' 33" Sul e longitude 38° 12' 16" Oeste (SILVA; ALVES, 2011).

Figura 4 – Imagem do mapa com a localização do município de Pau dos Ferros no Estado do Rio Grande do Norte.



Fonte: Google Maps.

### Obtenção das rações

Rações para a manutenção e desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* devem conter de 20 a 23% de proteína bruta (PEREIRA, *et al.*, 2011). Como a ração comercial utilizada no experimento possui 25% de proteína bruta, a ração experimental foi calculada para também ter o mesmo percentual, de forma que ambas as rações fossem equivalentes nesse aspecto e atendessem às necessidades mínimas das abelhas.

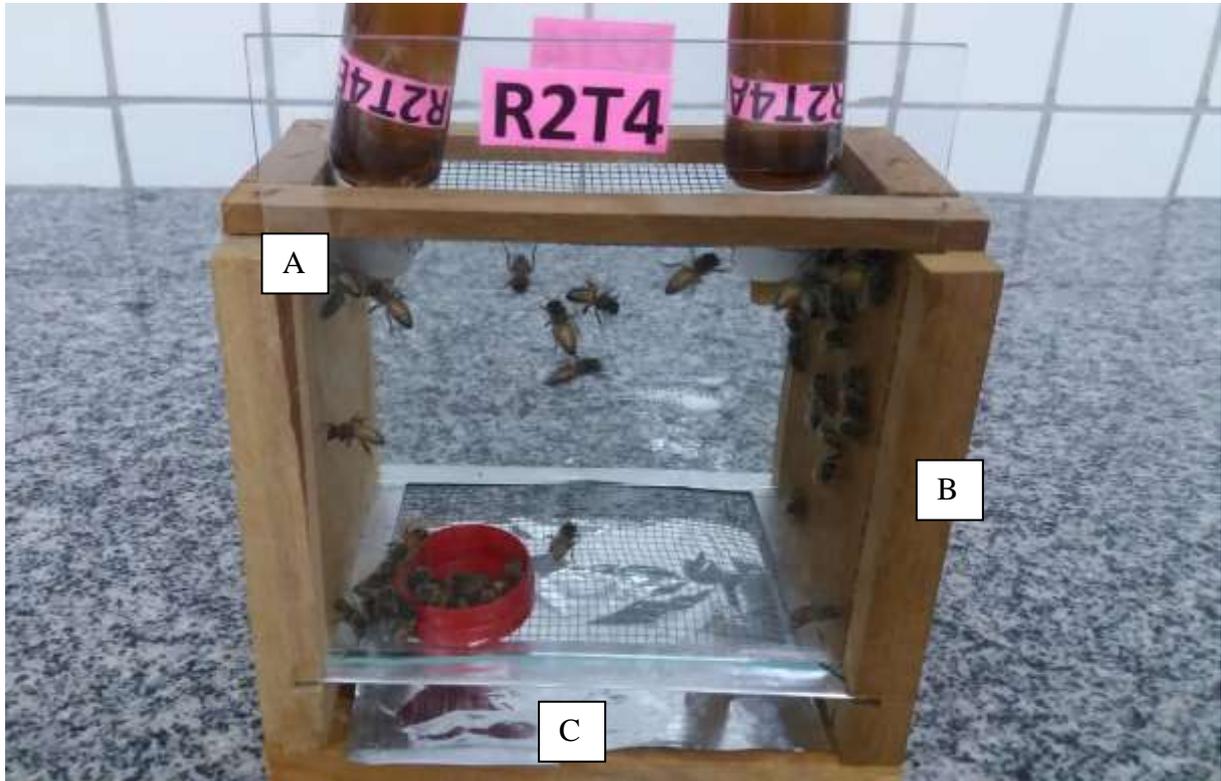
A ração comercial utilizou como ingredientes na sua formulação soja, milho, trigo, aveia, arroz, açúcar, baunilha, fosfato de cálcio e cloreto de sódio. As quantidades de cada um dos constituintes não constam na embalagem do produto nem foram fornecidas pela indústria vendedora. Já a ração experimental foi formulada utilizando-se uma mistura de extrato de soja e albumina como ingredientes (79,44% e 20,56% da composição respectivamente). A essa

mistura foi então adicionado um xarope de água e açúcar, na proporção de 81,7% da mistura proteica e 18,3% do xarope de açúcar, perfazendo a ração pastosa com 25% de proteína bruta. O xarope usado continha 50% de água, 50% de açúcar e 5ml de essência de baunilha por litro de xarope. As duas rações foram comparadas quanto à sua toxicidade, digestibilidade e ganho de peso, com o pólen apícola adquirido de um entreposto de mel e produtos apícolas no município de São José do Rio Preto – SP.

### **Montagem das gaiolas**

As abelhas utilizadas no estudo foram obtidas a partir de quadros de ninho de colmeias de *Apis mellifera* com operárias prestes a emergir. Os referidos quadros foram colocados em estufa B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand), onde a temperatura e a umidade foram controladas constantemente a 34°C e 67%, respectivamente. À medida que as abelhas emergiam, elas foram sendo agrupadas em número de 50 e colocadas em gaiolas de madeira com dimensões de 8 x 11 x 13cm, com laterais de vidro para facilitar a visualização e piso telado para auxiliar na higienização, semelhantes às usadas por Pereira *et al.* (2007) (Figura 5).

Figura 5 – Gaiola com abelhas africanizadas *Apis mellifera* alimentadas com diferentes dietas. (A) Vidros de coloração âmbar com tampas perfuradas, e instalados de ponta-cabeça na parte superior das gaiolas para oferta de água e alimentação energética. (B) Gaiola de madeira e laterais em vidro para facilitar o manejo das abelhas. (C) Tampa plástica vermelha colocada no centro da parte inferior das gaiolas para o fornecimento das rações proteica e do pólen.



A água e a alimentação energética eram ofertadas na quantidade de 10 ml cada, em vidros de coloração âmbar com tampas perfuradas instalados de ponta-cabeça na parte superior das gaiolas. Já as rações proteicas e o pólen eram ofertados em tampas plásticas vermelhas colocadas no centro da parte inferior das gaiolas com 500 mg do alimento. Diariamente as alimentações e o xarope eram retirados e trocados para evitar possível processo fermentativo e mortalidade das abelhas. O xarope de açúcar foi ofertado como a alimentação energética a todos os tratamentos e preparado na proporção de uma parte de água para uma de açúcar.

### Obtenção dos dados

Todos os tratamentos receberam água e xarope de água e açúcar. Dessa forma, o experimento foi dividido em quatro tratamentos: T1 – testemunha negativa, que não recebeu nenhuma fonte proteica, apenas o xarope de açúcar e água; T2 – pólen, testemunha positiva; T3 – ração comercial; T4 – ração experimental. Cada tratamento contou com três gaiolas e foram realizadas três repetições.

A toxicidade das rações para as abelhas foi mensurada pelo Índice de Mortalidade (IM) e pelo Tempo Médio de Mortalidade (TMM), conforme preconizado por Pereira (2005). Para obtenção do índice e do tempo médio de mortalidade, todas as abelhas mortas eram retiradas das gaiolas e anotadas até que não restassem mais operárias nas caixas. O cálculo do Índice de Mortalidade em cada gaiola foi feito pela razão entre a quantidade de abelhas mortas e o número de dias do experimento e o resultado foi expresso em abelhas/dia, conforme a equação a seguir:

$$IM = \frac{\text{Quantidade de abelhas mortas}}{\text{Nº de dias do experimento}}$$

O tempo médio de mortalidade foi calculado pela razão entre o somatório das abelhas mortas multiplicado pelo número do dia de confinamento e número de abelhas colocadas em cada gaiola, sendo expresso em dias, conforme demonstrado na fórmula a seguir:

$$TMM = \frac{\sum(\text{nº de abelhas mortas} \times \text{nº do dia de confinamento})}{\text{nº de abelhas colocadas na gaiola}}$$

A digestibilidade (Dg) e o ganho ou perda de peso (Gp) foram estimados pelo número de abelhas confinadas e alimentadas com as rações, seguindo Cruz-Landim (2009). Dessa forma, para o cálculo da digestibilidade e ganho ou perda utilizou-se uma gaiola por tratamento e três repetições. Durante cinco dias anotou-se o consumo de alimentos e as abelhas mortas que eram retiradas. A partir desses dados foi calculado o consumo individual médio (Ci), representado pelo somatório da razão entre consumo dos alimentos e o número de abelhas vivas na gaiola, conforme a fórmula:

$$Ci = \sum \frac{\text{Consumo de água} + \text{consumo de xarope de açúcar} + \text{consumo da ração}}{\text{nº de abelhas vivas na gaiola}}$$

Ao final de cinco dias, dez abelhas de cada tratamento eram retiradas da gaiola, mortas, e tinham a parte final do seu trato digestivo (reto) retirado com auxílio de uma pinça. Em seguida, ele era aberto e o seu conteúdo espalhado sobre um papel de filtro previamente pesado. Pela diferença de peso do papel, obtinha-se o peso médio das fezes (f), que era dividido por 10 para se obter a média do alimento não digerido por abelha.

Com esses dois dados (Ci e f), a digestibilidade em porcentagem (Dg) foi calculada pela seguinte fórmula:

$$Dg = \frac{(Ci-f)}{Ci} \times 100$$

No início e no final do confinamento, dez abelhas foram pesadas (as abelhas iniciais eram descartadas), e pela diferença de peso calculou-se o ganho ou a perda de peso.

### **Análise estatística**

O experimento usou o delineamento inteiramente casualizado e as análises estatísticas foram feitas por meio do teste F, usando análise de variância (ANOVA) dos dados obtidos para o Índice de Mortalidade e Tempo Médio de Mortalidade, digestibilidade e ganho de peso. As médias que apresentaram diferença estatística foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey, a um nível de probabilidade de 5%, com o programa estatístico BioStat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferenças significativas ( $p>0,05$ ) no IM (índice de mortalidade) e no TMM (tempo médio de mortalidade) das abelhas entre os tratamentos testados (Tabela 2).

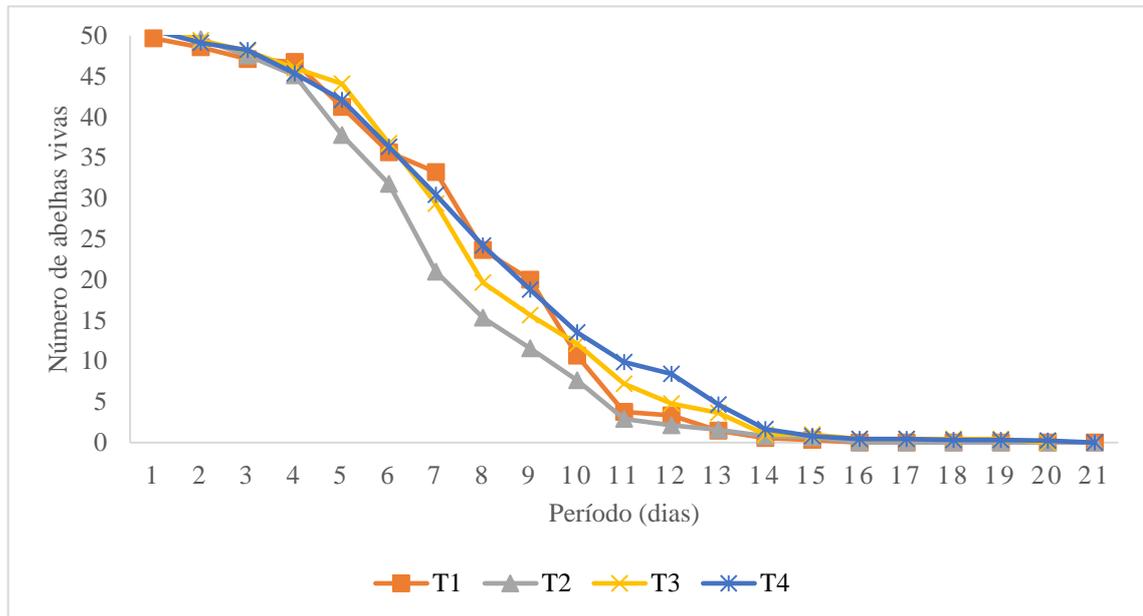
Tabela 2 - Médias e desvios-padrão do Índice de Mortalidade (IM) (abelhas/dias) e Tempo Médio de Mortalidade (TMM) (dias) rações administradas a operárias de *Apis mellifera* confinadas em gaiolas sob diferentes dietas, observados de outubro a dezembro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.

Tratamentos	IM (abelha/dia)	TMM (dias)
Testemunha	4,80 ± 1,46	7,3 ± 1,77
Pólen	5,22 ± 1,84	6,5 ± 1,31
Ração comercial	4,25 ± 1,55	7,3 ± 1,05
Ração experimental	4,08 ± 0,95	7,9 ± 1,71

Durante o experimento, a mortalidade diária de abelhas apresentou-se de forma quase constante (uma a cinco abelhas/dia), porém ocorreram alguns picos de elevada mortalidade chegando a até 30 abelhas/dia. Seguindo o mesmo padrão, o tempo em que havia abelhas engaioladas permaneceu quase constante entre seis a oito dias, com algumas exceções que chegavam de 15 a 20 dias. Provavelmente, esse padrão ocasionou a falta de diferença entre as médias do estudo.

O tratamento com pólen começou a apresentar uma curva descendente na taxa de mortalidade a partir do quinto dia de confinamento, causando uma redução na longevidade (Figura 6). Esta declividade, no entanto, não levou a diferenças significativas, pois gradativamente as curvas dos demais tratamentos acompanharam a declividade de T2 (pólen), e todas as abelhas morreram entre o 14° (T1 e T2) e 15 ° (T3 e T4) dias.

Figura 6- Curva da taxa de mortalidade de abelhas *Apis mellifera* mantidas em gaiolas sob condições de laboratório recebendo diferentes rações T1: testemunha; T2: pólen; T3: ração comercial; T4: ração experimental, entre os meses de outubro a dezembro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.



Durante o experimento, foi observado que as abelhas alimentadas com o pólen apresentavam-se mais letárgicas entre o terceiro e o quinto dia de confinamento, o que as deixava mais dóceis e fáceis de manejar. Outro comportamento das abelhas alimentadas com pólen durante o confinamento foi a elevada produção de fezes, muitas vezes com sinais de disenteria, manchando os vidros das gaiolas, dificultando a visualização no seu interior e, conseqüentemente, a troca da alimentação e a retirada das abelhas mortas. O pólen utilizado nesse experimento foi adquirido no município de São José do Rio Preto – SP, que é um estado brasileiro onde são relatados diversos casos da doença nosemose, causada pelos fungos *Nosema apis* e *Nosema ceranae* (KLEE, *et al.*, 2007; TEXEIRA *et al.*, 2013). Como o pólen pode ser um vetor dessa doença e os sintomas observados foram semelhantes aos causados por essa enfermidade (GUIMARÃES-CESTARO, *et al.*, 2016), há a possibilidade das abelhas desse tratamento terem adquirido nosemose do pólen usado, embora não se possa afirmar com certeza uma vez que não foram feitos exames que comprovem a hipótese. Outro fator que poderia explicar esse comportamento por parte das abelhas poderia ser a toxicidade do próprio pólen, reduzindo, assim, a longevidade desses insetos (HUANG, 2010). Esse resultado demonstra que deve haver uma seleção do pólen que será fornecido às abelhas, estejam confinadas ou a campo.

O pólen comercial pode ser utilizado sem problemas como fonte de proteína em alimentações artificiais, entretanto, o seu elevado preço impede que seja fornecido como único

ingrediente de uma ração. Sendo assim, ele geralmente é associado a ingredientes como a soja, para a obtenção de melhores resultados. Curiosamente, a soja parece aumentar a longevidade das abelhas, como já foi observado por Manning *et al.* (2007), que obtiveram maiores taxas de sobrevivência das abelhas em gaiolas à medida que aumentavam a proporção de soja na ração. No presente experimento, as duas rações continham soja em sua composição e as abelhas não apresentaram diferenças na curva de sobrevivência em relação àquelas que consumiram somente pólen. A razão para a longevidade apresentada pela ração comercial não ficou bem elucidada, devido à grande quantidade de ingredientes usados na sua formulação. Ingredientes como o trigo e a aveia causam um desenvolvimento corporal lento e o milho ainda mais, além de provocar elevadas taxas de abandono (PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011). Como o açúcar é uma alimentação energética, os outros ingredientes (arroz, baunilha, fosfato de cálcio, cloreto de sódio e, principalmente, a soja) podem ter sido responsáveis pelo resultado.

Já a ração experimental (formada basicamente por extrato de soja e albumina), mesmo quando consumida em pequenas quantidades, segundo Lima *et al.* (2015), aumenta a área de cria e o peso da colônia, pois apresenta uma melhor conversão alimentar. Aparentemente também contribuem para assegurar uma longevidade similar a de abelhas alimentadas com pólen ou rações comerciais existentes no mercado. Finalmente, as abelhas alimentadas apenas com xarope de açúcar e água podem ter sobrevivido às custas das reservas de albumina acumuladas nos corpos gordurosos durante a fase larval (WINSTON, 2003).

Os dados de digestibilidade e ganho ou perda de peso das abelhas nas gaiolas após cinco dias de confinamento e alimentadas com as rações experimentais, suas médias e os desvios-padrão após a análise de variância, são apresentados na Tabela 3. Assim como observado nos dados de IM e TMM, também houve homogeneidade das médias, devido ao baixo coeficiente de variação, o que resultou na ausência de diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos.

Tabela 3 - Médias e desvios-padrão da digestibilidade (%) e ganho ou perda de peso (mg) das africanizadas *Apis mellifera* alimentadas com as rações por tratamento, mantidas em gaiolas sob condições de laboratório e observadas de outubro a dezembro de 2016, em Pau dos Ferros, RN.

Tratamento	Digestibilidade média (%)	Ganho ou perda médio de peso (mg)
Testemunha	97,10 ± 0,37	- 21,3 ± 8,3
Pólen	94,73 ± 3,00	- 5,1 ± 1,7
Ração comercial	96,15 ± 1,24	- 21,5 ± 9,2
Ração experimental	95,67 ± 1,50	- 16,1 ± 11,8

O Índice de Mortalidade (IM), o Tempo Médio de Mortalidade (TMM), digestibilidade (Dg) e o ganho ou perda de peso (Gp) costumam ser utilizados em teste de toxicidade de abelhas confinadas quando se visa obter uma resposta rápida sobre a toxicidade de um determinado alimento, que será usado como ingrediente ou ração a campo. No entanto, quando as abelhas engaioladas e alimentadas apenas com carboidratos (xarope de água e açúcar) sobrevivem por longos períodos, esses parâmetros podem não ser tão precisos. Operárias privadas de alimentação proteica podem apresentar uma elevada longevidade, pois elas apresentam redução na atividade metabólica de produção de hemócitos, que é um mecanismo de compensação à falta de proteína na hemolinfa. Fatores como a redução da massa dos corpos gordurosos e o aumento da concentração de glicose-oxidase na hemolinfa, para a quebra do glicogênio presente nos mesmos, também foram observados (BRODSCHNEIDER; CRAILSHEIM, 2010). O mesmo comportamento foi constatado por Pereira, *et al* (2007), onde as abelhas confinadas e alimentadas com suplementos aprotéicos não apresentaram diferenças na mortalidade (IM) e na longevidade (TMM) em relação aos demais tratamentos.

Em colônias má nutridas, seja pela pouca oferta de pólen ou por pólen com baixo valor nutricional, ocorre uma redução na longevidade das abelhas adultas (HUANG, 2010). Larvas de abelhas alimentadas com menos de 65% dos nutrientes necessários para seu desenvolvimento resultam em adultos anões (PEREIRA, *et al.*, 2014b). Não foram observadas durante o experimento diferenças no tamanho das abelhas confinadas, o que sugere que todas tinham aproximadamente a mesma quantidade de reservas corporais. Dessa forma, as colônias que doaram abelhas para o presente estudo produziram operárias com reservas corporais suficientes para que o tratamento testemunha não diferisse dos demais.

Observou-se no presente estudo que a digestibilidade das rações se assemelhou muito em todos os tratamentos, provavelmente devido à fórmula utilizada para se calcular a digestibilidade das rações. É bem possível que os resultados tenham sido influenciados pelo consumo de água e xarope de açúcar que corresponderam de 50 a 70% do consumo de alimentos e também pelos resultados das fezes (f), pois suas médias não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). A exceção foi encontrada nas médias de alimentos não digeridos do tratamento testemunha negativa e do pólen (testemunha positiva) que diferiram entre si ( $p < 0,05$ ). Nesse caso, o primeiro tratamento produziu significativamente ( $p < 0,05$ ) menos fezes do que o segundo, pelo fato de a água e a alimentação energética serem absorvidas no intestino médio (ventrículo e no papo respectivamente) (CATAE, *et al.*, 2014), o que resulta na pouca produção de fezes no tratamento testemunha (T1). As fezes das abelhas alimentadas com o pólen apresentavam coloração mais escura, eram pastosas e tiveram as médias dos pesos dos tratamentos maiores

em todas as repetições. A digestão do pólen e dos alimentos proteicos ocorre no ventrículo. Existe, entretanto, um baixo aproveitamento do pólen por parte das abelhas, pois 50% dos grãos de pólen são encontrados cheios e não digeridos no reto (CRUZ-LANDIM, 2009). Dessa forma, esperava-se encontrar uma diferença na digestibilidade do pólen em relação aos demais tratamentos, devido ao peso das fezes, mas isso não aconteceu.

Para o parâmetro ganho ou perda de peso, observou-se que a média de peso das abelhas foi de 90,83 mg antes do confinamento, e de 74,83 mg ao final, o que evidenciou uma perda no peso das abelhas confinadas. Analisando-se individualmente por tratamento, a testemunha negativa (xarope de água e açúcar) apresentou as menores médias em duas das três repetições, provavelmente por não possuir as proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais necessários para o crescimento e desenvolvimento das abelhas (GHOSH; JUNG, 2017).

O resultado observado de perda de peso das abelhas do presente trabalho pode ter sido influenciado pelo curto período de apenas cinco dias de confinamento nas gaiolas. O simples fato de estarem confinadas já pode ter sido responsável pela perda, pois a produção de enzimas proteolíticas cai muito em abelhas nesta situação (CRAILSHEIM; LEONHARD, 1997). Além disso, as abelhas têm uma tendência natural de perder peso nas primeiras 72 horas de vida, pois perdem água e utilizam suas reservas corporais para completarem seu desenvolvimento e endurecem seu exoesqueleto (WINSTON, 2003).

Um fator que pode ter influenciado a perda de peso foi que as 10 abelhas utilizadas na pesagem inicial não foram necessariamente as mesmas pesadas ao final do confinamento, não se podendo afirmar se o resultado seria o mesmo. No entanto, Abou-Shaara, *et al.* (2012) demonstraram que abelhas podem perder de 0,5 a 1 mg a cada duas horas, quando submetidas a fatores como a umidade relativa (50%) e a temperatura (35 °C), próximas às encontradas no presente estudo.

## CONCLUSÕES

As duas rações testadas podem ser utilizadas na alimentação artificial de *Apis mellifera*, principalmente no período de escassez de alimentos, pois não apresentaram potencial tóxico e demonstraram ter digestibilidade e ganho de peso equivalentes ao do pólen estudado.

É possível produzir localmente uma ração adequada nutricionalmente para as abelhas.

O desenvolvimento de novos métodos para avaliar a digestibilidade e o ganho ou perda de peso são necessárias, haja vista que a fórmula utilizada atualmente se mostra influenciada respectivamente pelo consumo de água e xarope e pelo pouco tempo de confinamento das abelhas.

## 5 CONSUMO, ÁREA DE CRIA E CUSTOS DE RAÇÕES PROTEICAS PARA COLÔNIAS DE ABELHAS *Apis mellifera*

### RESUMO

Um dos entraves da apicultura é a falta de fontes proteicas de alimento no período de entressafra. Uma alternativa para manter as colônias nutridas nesses períodos é a alimentação artificial. Rações comerciais, no entanto, muitas vezes são caras, não atendem às necessidades nutricionais da abelha *Apis mellifera* ou não são bem aceitas pelas operárias. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de duas rações proteicas, uma experimental, formulada com ingredientes facilmente adquiridos no comércio, e uma comercial, no desenvolvimento de colônias de *Apis mellifera*. O trabalho foi realizado no Apiário do Sítio Lagoinha, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brasil, no período de 21 de outubro a 16 de dezembro de 2016. O experimento constou de três tratamentos: testemunha (T1), que recebeu apenas o xarope de açúcar; ração comercial (T2); e ração experimental (T3). Cada tratamento foi aplicado em seis colônias e foram realizadas oito coletas de dados sobre o consumo das rações por colônia e medidas das áreas de crias. Não foi observada diferença estatística ( $p > 0,05$ ) no consumo semanal das duas alimentações até a quinta semana, quando o consumo da ração comercial foi superior ao da experimental. No entanto, no cômputo das oito semanas, o consumo total da ração comercial foi significativamente maior ( $p < 0,05$ ) do que aquele da ração experimental. Quanto ao desenvolvimento da área de crias, somente em duas semanas (segunda e última), foi observada diferença entre os tratamentos ( $p < 0,05$ ), com T1 apresentando maior média em relação a T2, que não diferiram estatisticamente de T3 ( $p > 0,05$ ). Nas demais semanas, não foi observada nenhuma diferença estatística significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos. Nenhuma das duas rações demonstrou capacidade para o aumento da área de crias e manutenção das abelhas no período de escassez de alimentos. Apesar do custo de produção mais elevado, a ração experimental demonstrou ser economicamente mais viável por apresentar um menor consumo para a manutenção da mesma área de cria.

**Palavras-chave:** Apicultura. Alimentação artificial. Nutrição animal.

## ABSTRACT

One of the barriers of bee-keeping is the lack of protein sources of food in the off-season. An alternative to keep the colonies nourished in these periods is the artificial feeding. Commercial foods, however, are often expensive, do not meet the nutritional needs of the *Apis mellifera* bees or are not well accepted by the worker bees. Thus, the objective of the present study was to compare the effects of two protein feeds, an experimental one, formulated with ingredients easily acquired in the trade, and a commercial one, in the development of colonies of *Apis mellifera*. The work was carried out at Apiário do Sítio Lagoinha, Pau dos Ferros, Rio Grande do Norte, Brazil, from October 21 to December 16, 2016. The experiment consisted of three treatments: control (T1), which received only the sugar syrup; commercial feed (T2); and experimental feed (T3). Each treatment was applied to six colonies and eight data collection were executed on feed consumption per colony and development of the breeding area. No statistical difference ( $p > 0.05$ ) was observed in the weekly feed intake of the two feeds until the fifth week, when the commercial feed consumption was higher than the experimental feed. However, in the eight-week count, the total commercial feed intake was significantly higher ( $p < 0.05$ ) than that of the experimental diet. Regarding the development of the breeding area, only two weeks (the second and the last) showed a difference between treatments ( $p < 0.05$ ), with T1 having a higher average in relation to T2, which did not differ statistically from T3 ( $p > 0.05$ ). In the other weeks, no statistically significant difference ( $p > 0.05$ ) was observed between treatments. Neither of the two feeds demonstrated ability to raise brood area and maintain beekeeping in the period of food shortages. Despite the higher cost of production, the experimental feed proved to be economically more feasible because it presented a lower consumption for the maintenance of the same breeding area.

**Key words:** Apiculture. Artificial feeding. Animal nutrition.

## INTRODUÇÃO

Apesar da diversidade florística, a maioria das regiões brasileiras apresenta períodos de sazonalidade quanto à presença de plantas em florescimento, ou seja, durante o ano podem ocorrer períodos de escassez de flora apícola e, conseqüentemente, de alimentos para as abelhas *Apis mellifera* (COELHO, *et al.*, 2008). Por essa razão, na ausência de floradas e de reservas de alimento nas colônias, o fornecimento de alimentação artificial às abelhas é aconselhável, na tentativa de suplementar suas necessidades nutricionais. Entretanto, muitos apicultores não se preocupam com o valor nutricional e ofertam diversos tipos de alimentos às suas colônias que nada, ou pouco, contribuem para seu bom desenvolvimento (TURCATTO, 2011).

A deficiência de nutrientes como proteínas, carboidratos, lipídeos, minerais e vitaminas pode reduzir a vida útil das abelhas, prejudicando o desenvolvimento, manutenção, produção e reprodução das colônias e ainda provocar estresse, o que facilita o aparecimento de doenças e ataque de inimigos naturais. Dessa forma, a alimentação artificial fornecida às colônias pode influenciar diretamente na produção de mel ou outros produtos apícolas em um apiário (SEREIA, *et al.*, 2013).

Mesmo quando necessária, a alimentação artificial não é utilizada pela maioria dos apicultores, o que resulta em taxas elevadas de perda de colônias no período de escassez de alimentos. Em anos de estiagem como o de 2013, a taxa de abandono das colmeias no Nordeste do Brasil variou de 75 a 82%, dependendo de cada região dos estados (HOLANDA-NETO, *et al.*, 2015).

Normalmente, as colônias de *Apis mellifera* que permanecem nas colmeias após o período de escassez de alimentos apresentam baixa população e poucas reservas para iniciarem a produção de crias e, dessa maneira, acabam por utilizarem os recursos das primeiras floradas para o seu fortalecimento. Conseqüentemente, só conseguem produzir já no final do período de floradas, acarretando uma produção bem inferior ao potencial produtivo (PEREIRA, *et al.*, 2014). Dessa forma, o fornecimento de alimentação artificial pode mitigar as perdas por abandono, como também melhorar a produção por fortalecer as colônias para superar o período de escassez. As vantagens não param por aí, na medida em que, com a alimentação artificial, a colônia aumenta sua população, protegendo-a de inimigos naturais e fazendo com que se produza mel a partir das primeiras flores da próxima estação de florescimento.

Apesar da existência no mercado de rações comercializadas para abelhas melíferas, elas são pouco utilizadas pelos apicultores em função de uma série de fatores, tais como: o alto

preço; poucos resultados observados, posto que muitas não atendem às necessidades nutricionais das abelhas; dificuldade de aquisição em áreas fora dos grandes centros urbanos; desconhecimento da existência dessas rações ou do contato para sua aquisição por parte de muitos apicultores; ou simplesmente não são bem aceitas pelas abelhas (PEREIRA, 2005).

O objetivo do presente estudo foi comparar os efeitos de duas rações com 25% de proteína bruta, uma experimental (formulada com ingredientes facilmente adquiridos no comércio) e uma comercial, no desenvolvimento de colônias de *Apis mellifera*.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Local do experimento

O trabalho foi realizado no Apiário do Sítio Lagoinha (Figura 7), no município de Pau dos Ferros, no Rio Grande do Norte, Brasil, no período de 21 de outubro a 16 de dezembro de 2016.

Figura 7 – Sítio Lagoinha, bairro Riacho do Meio, Pau dos Ferros – RN. (A) Sede do Sítio. (B) Apiário do Sítio.



Localizado na região do Alto Oeste Potiguar, o município de Pau dos Ferros está situado em uma área semiárida, que tem como vegetação predominante a caatinga hiperxerófila, com grande quantidade de cactáceas e plantas de baixo porte e de baixa densidade, como a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), o mofumbo (*Combretum leprosum*), faveleiro (*Cnidoscolus quercifolius*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), xique-xique (*Pilosocereus polygonus*) e facheiro (*Pilosocereus pachycladus*). Tem latitude 6°14'18" sul e longitude 38°17'44" oeste, é caracterizado por um clima quente, com temperatura média de 28,1°C, com a máxima de 36°C e a mínima de 21°C, pluviosidade anual de aproximadamente 720 mm, distribuídos entre os meses de fevereiro a junho, e umidade relativa do ar anual média de 66% (COSTA; LIMA; SILVA, 2013).

## Preparo das rações

Para garantir que as colônias experimentais recebessem a mesma quantidade de proteína bruta, utilizou-se o percentual da ração comercial (25%) para a formulação da ração experimental. A taxa ideal de proteína bruta para que ocorra desenvolvimento das colônias de *Apis mellifera* é entre 20% a 23% (PEREIRA; FREITAS; LOPES, 2011). Dessa forma, as rações do estudo atenderam satisfatoriamente às necessidades das colônias experimentais no que se refere à proteína bruta.

A ração comercial avaliada era formulada usando-se os seguintes ingredientes: soja, milho, trigo, aveia, arroz, açúcar, baunilha, fosfato de cálcio e cloreto de sódio. O percentual de cada ingrediente, contudo, não foi divulgado pela empresa fornecedora. Para a formulação da ração experimental, preparou-se uma mistura proteica composta de extrato de soja, que se trata de um alimento funcional rico em proteínas (41,8%), e em aminoácidos essenciais para as abelhas, como isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina (PENHA, *et al.*, 2007), além da albumina de ovo em pó, que contém 89,91% de proteína bruta (TURCATTO, 2011), na proporção de 79,44%: 20,56%, respectivamente. Essa mistura recebeu a adição de um xarope de água e açúcar na proporção de 81,7% da mistura proteica e 18,3% do xarope de açúcar, perfazendo a ração pastosa com 25% de proteína bruta. O xarope usado era composto de 50% de água, 50% de açúcar cristal e 5ml de essência de baunilha por litro de xarope. Posteriormente, as rações foram acondicionadas em papel alumínio e identificadas (Figura 8).

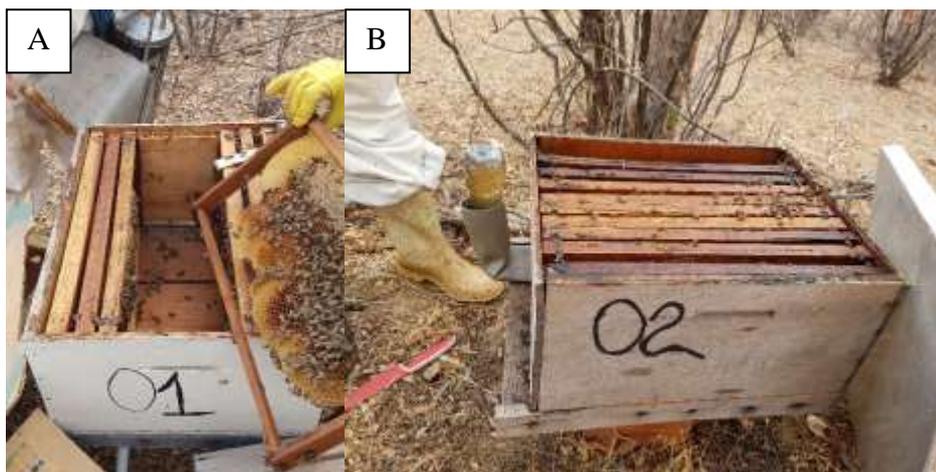
Figura 8 – Rações experimental e comercial, embaladas em papel alumínio e acondicionadas no freezer, por 24 horas, até serem fornecidas as colônias experimentais.



### Preparo das colônias experimentais

Dezoito colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* foram instaladas em colmeias do tipo Langstroth. Para reduzir as diferenças de população e cria, duas revisões semanais foram feitas antes do início do experimento, e uniformizações das colônias foram realizadas para que todas possuísem pelo menos três quadros de crias (abertas e/ou fechadas) de operárias, junto com as abelhas aderentes a cada uma das colônias. Posteriormente, as colmeias foram identificadas com numeração crescente e receberam alimentadores do tipo Bordmann adaptados com canos de pvc de 75 mm (Figura 9).

Figura 9 – Colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*), localizadas na caatinga durante o período de entressafra. (A) Padronização das colônias com três quadros de cria de operária e as abelhas aderentes. (B) Identificação das colmeias com numeração e colocação de alimentador tipo Bordmann.



### Consumo das rações

O experimento foi dividido em três tratamentos: testemunha (T1), que recebeu apenas o xarope de açúcar; ração comercial (T2); e ração experimental (T3). Cada tratamento contou com seis colônias sorteadas aleatoriamente dentro do apiário e foram realizadas oito coletas semanais de dados sobre o consumo das rações por colônia.

Durante o período experimental, todas as colônias receberam, uma vez por semana, 500 ml de alimentação energética (colocada nos alimentadores externos) na forma de xarope de água e açúcar (1:1). As rações também foram fornecidas semanalmente, entretanto, somente às colônias dos tratamentos T2 e T3, que receberam 250 g da respectiva ração sobre um papel

alumínio de dimensões de 15 cm por 15 cm, colocado sobre os quadros centrais (onde estavam localizadas as crias no início do experimento), e sob a tampa (Figura 10). O consumo das rações foi medido por meio da diferença de peso da ração fornecida, pela retirada.

Figura 10 – Colônia experimental de abelhas africanizadas *Apis mellifera* localizada na caatinga no período de seca, contendo alimento energético no alvado e protéico por sobre os quadros.



### Desenvolvimento da área de cria

O desenvolvimento da área de cria das colônias foi medido através de mapeamentos, utilizando-se o método de Al-Tikrity *et al.* (1971), que consiste na introdução dos quadros da colmeia em um suporte de madeira com a área interna dividida por fios de náilon, que formam pequenos quadrados de 4 cm<sup>2</sup> (Figura 11). Todos os alvéolos contendo ovos, larvas e pupas foram consideradas na medição das áreas de cria.

Figura 11 – Suporte de madeira utilizado para a medição das áreas de crias das colônias experimentais no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN, no período de 21 de outubro a 12 de dezembro de 2016.



### Análise econômica

Na análise econômica considerou-se o preço, o custo para manutenção semanal das colônias, o desenvolvimento da área de crias proporcionada por cada ração e a taxa de abandono. O cálculo da determinação do preço foi obtido pela metodologia de Almeida e Carvalho (2009), que consiste na soma dos custos de produção e da margem de lucro, (desconsiderada neste trabalho pois não se tratou de seu objetivo). Dessa forma, o preço será igual aos custos de produção da ração e será obtido pela razão entre as despesas e produção estimada, conforme a equação a seguir:

$$\text{Custo de produção da ração} = \frac{\text{Despesas de produção}}{\text{Produção estimada}}$$

O custo para a manutenção semanal das colônias foi calculado através da multiplicação do custo de produção da ração pelo consumo semanal. Por outro lado, para obter-se a taxa de abandono, foi feita a razão entre o número de colônias ao final do estudo e o número de colmeias povoadas no início do experimento.

### **Análise estatística**

O experimento foi desenvolvido usando-se o delineamento inteiramente casualizado e as análises estatísticas foram feitas por meio de análises de variância (ANOVA) dos dados obtidos para o consumo e área de cria. As médias que apresentaram diferença estatística foram comparadas *a posteriori* pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5% com o programa estatístico BioStat.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Consumo das rações

Apesar da aparente diferença na quantidade de ração consumida entre os tratamentos, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no consumo das duas alimentações, com exceção da quinta semana, quando o consumo da ração comercial foi significativamente ( $p < 0,05$ ) superior ao da experimental (Tabela 4). Isso se deve ao fato de que o consumo individual das colônias de um mesmo tratamento variou bastante, havendo colônias que consumiram muita ração enquanto outras consumiram bem pouca, levando a uma grande variação no desvio padrão da média dos tratamentos.

No entanto, considerando o consumo total de ração ao longo do experimento, a ração comercial apresentou um consumo total significativamente ( $p < 0,05$ ) maior que a experimental (Tabela 4). Comparando-o a estudos similares, o consumo da ração comercial foi inferior às médias de 39,6 e 47,5 g/colônia/semana das dietas testadas por Oliveira (2016) e Taha (2015), respectivamente, mas bem superior às 7 g/colônia/semana das rações com 35% de proteína bruta testadas por Toledo, *et al.* (2010). A ração experimental, por sua vez, apresentou consumo próximo a um terço do verificado por Taha (2015) e menor que 50% daquele observado por Oliveira (2016), mas acima do dobro do obtido por Toledo, *et al.* (2010).

Tabela 4 - Médias e desvios-padrão do consumo semanal e total (g/colônia/semana) das rações comercial e experimental por abelhas *Apis mellifera*, nas semanas de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.

Datas de coletas	Consumo (g/colônia/semana) da ração comercial	Consumo (g/colônia/semana) da ração experimental
28/10/ 2016	28,33 ± 18,48	43,67 ± 12,36
04/11/2016	43,00 ± 29,73	37,33 ± 6,40
11/11/2016	28,00 ± 22,44	8,00 ± 3,34
18/11/2016	34,80 ± 30,15	9,00 ± 3,52
25/11/2016	36,80 ± 26,93a	9,33 ± 6,15b
02/12/2016	27,20 ± 28,72	5,33 ± 1,60
09/12/2016	32,00 ± 31,36	8,67 ± 3,01
16/12/2016	42,00 ± 40,09	8,00 ± 2,53
Consumo total	33,76 ± 26,45a	16,16 ± 15,31b

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Um estudo realizado por Faquinello (2007) testou alimentar as abelhas com um suplemento de pólen contendo 24% de proteína bruta e obteve um consumo de 15,47 g/colônia/semana. Esse valor mostrou-se bem próximo àquele observado no presente trabalho para a ração experimental. Embora seja preciso considerar as diferenças ambientais e de manejo, esse resultado sugere que a ração experimental demonstrou uma equivalência ao suplemento de pólen.

Na sexta semana do experimento, observou-se um consumo um pouco menor das duas rações, talvez devido à curta florada do juazeiro (*Zyziphus joazeiro*) que ocorreu na área. É possível que essa oferta de pólen em plena época de escassez possa ter influenciado no consumo das rações, mas sem efeito significativo nos resultados gerais, provavelmente devido à baixa densidade dessa espécie vegetal na caatinga (FREITAS, 1991).

O consumo médio de rações proteicas por uma colônia pode chegar a 400 g/colônia/semana, muito superior ao observado no presente estudo (5,33 a 43,67 g/colônia/semana). Isso pode ser devido a uma série de fatores, desde a granulometria da ração até o tamanho da colônia, passando pelo balanço dos nutrientes necessários para manutenção das funções metabólicas das abelhas e pela palatabilidade (PEREIRA, *et al.*, 2015; SHEHATA, 2016). A palatabilidade pode ser melhorada com a adição de pólen, já que alimentos proteicos com a presença dessa substância são mais aceitos e consumidos pelas abelhas, assim como a presença de lipídeos, que supostamente são componentes estimulantes (AVILEZ; ARADENA, 2007; MANNING, *et al.*, 2007). A ração experimental não contava nem com pólen, nem lipídeos adicionados aos seus ingredientes.

Um outro fator que pode ter determinado o baixo consumo das rações do presente estudo em relação a outros trabalhos é que suplementos exclusivamente proteicos são menos consumidos do que alimentações energético-proteicas, geralmente ficando entre 9,03g e 106,19 g/colônia/semana (PEREIRA, 2005), valores dentro do observado para as rações testadas.

Finalmente, a consistência da ração experimental poderia ter afetado o seu consumo (SAFFARI; KEVAN; ATKINSON, 2010). A albumina demonstrou características higroscópicas, absorvendo todo o xarope adicionado à ração e fazendo com que a pasta apresentasse uma textura mais viscosa, o que possivelmente dificultou a coleta por parte das abelhas. Apesar disso, a ração experimental só apresentou uma redução significativa no consumo a partir da segunda para a terceira semana da coleta de dados, quando houve uma queda de aproximadamente 78,57%.

O teor de proteína bruta aparentemente não é um fator que contribua para o consumo das rações. As abelhas preferem e consomem mais misturas que apresentem maior

variabilidade de lipídeos, aminoácidos e vitaminas do complexo B, mesmo quando essas possuem menos proteína bruta do que outras rações menos diversas (AVILEZ; ARADENA, 2007; SEREIA, *et al.* 2010). Além disso, Sereia, *et al.* (2010) também observaram que a alimentação artificial com rações proteicas balanceadas leva a uma redução no consumo médio das mesmas com o passar do tempo, o que só foi observado no presente estudo no tratamento com a ração experimental.

### Desenvolvimento da área de cria e custo de produção

Em relação à área total de crias, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos na maior parte do experimento. Somente em duas semanas, a segunda e a última, foi observada diferença ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, com a testemunha apresentando maior média de área de cria em relação à ração comercial, mas não diferindo ( $p > 0,05$ ) do tratamento com a ração experimental (Tabela 5).

Tabela 5 - Médias e desvios-padrão da área total de cria ( $\text{cm}^2$ ) das colônias de *Apis mellifera* alimentadas somente com xarope de água a açúcar (T1-Testemunha), ração comercial (T2) e ração experimental (T3), no período de entressafra de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.

Datas de coletas	Área ( $\text{cm}^2$ ) Testemunha	Área ( $\text{cm}^2$ ) da ração comercial	Área ( $\text{cm}^2$ ) da ração experimental
21/10/2016	1086,4 ± 641,04	679,33 ± 237,37	867,33 ± 421,82
28/11/2016	1353,6 ± 526,55a	641,33 ± 360,30b	1062,00 ± 333,56ab
04/11/2016	1251,2 ± 715,83	653,33 ± 397,84	1210,00 ± 239,11
11/11/2016	1547,2 ± 412,32	826,67 ± 772,19	1124,67 ± 511,55
18/11/2016	1092,8 ± 497,62	717,33 ± 657,83	989,33 ± 582,88
25/11/2016	1186,4 ± 399,61	644,67 ± 547,07	1064,00 ± 483,71
02/12/2016	1411,2 ± 838,39	811,33 ± 569,61	1315,33 ± 459,82
09/12/2016	1312,8 ± 803,83	354,00 ± 454,24	1260,00 ± 653,63
16/12/2016	1306,4 ± 783,75a	302,67 ± 424,17b	1221,33 ± 623,06ab

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

A variação semanal na área de cria é normal, haja vista que ocorrem posturas de mais ovos e nascimento de operárias diariamente e que a suspensão momentânea da postura da rainha ou uma maior emergência de adultos nos dias próximos à coleta de dados também podem levar a essas diferenças nas leituras. Esse padrão de diferenças pontuais já foi observado em outros trabalhos semelhantes (MILFONT, *et al.*, 2009; SANTIAGO, *et al.*, 2014).

A similaridade nas médias das áreas de crias da testemunha (T1) em relação aos demais tratamentos, principalmente para com a ração experimental (T3), e o fato de as áreas de crias de T1 e T3 terem se mantido ao longo do período experimental sugerem ter havido alguma disponibilidade de pólen na área de estudo. Essa disponibilidade de recursos naturais pode influenciar o resultado entre as dietas de duas formas: a primeira seria quando um nutriente que pode estar ausente na ração passa a ser fornecido pelo pólen, e a segunda é que, na presença do pólen, alguns nutrientes presentes no suplemento não sejam tão facilmente digeridos (DEGRANDI-HOFFMAN, *et al.*, 2008). Dessa forma, o fluxo de pólen nas colônias poderia ter-se equiparado à qualidade nutricional das dietas, digestibilidade e acessibilidade aos nutrientes.

A ração experimental não se mostrou eficiente em aumentar a área de crias para promover o crescimento populacional da colônia, apresentando resultados semelhantes aos da testemunha. A ração comercial, por outro lado, além de não conseguir aumentar a área de cria, não se mostrou eficiente sequer na sua manutenção. Os resultados mostraram que houve uma redução considerável da área de crias ao final do experimento, inclusive apresentando uma taxa de abandono de 50% de suas colônias. Considerando que ela apresentou desempenho pior do que o da testemunha, pode-se concluir que essa ração, na verdade, prejudicou o desempenho das colônias, levando-as, inclusive, a uma taxa de abandono de 50%, bem superior à da testemunha, que não passou de 16,7% (Tabela 6).

Finalmente, o custo para produção de um quilo de ração comercial foi mais baixo do que a formulação da mesma quantidade de ração experimental. No entanto, o menor consumo da ração experimental proporcionou um menor custo para a manutenção semanal das colônias. Já a taxa de abandono foi mais elevada para a ração comercial (Tabela 6).

Tabela 6 - Preço de produção (R\$), custo semanal para manutenção de uma colônia de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) (R\$) e taxa de abandono de colmeias (%) das rações comercial e experimental e a testemunha, nas semanas de 28 de outubro a 16 de dezembro de 2016, no apiário do Sítio Lagoinha em Pau dos Ferros – RN.

Tipo de ração	Preço de produção (R\$)	Custo para manutenção semanal (R\$)	Taxa de abandono (%)
Comercial	14,67	0,50	50,0
Experimental	22,22	0,36	0
Testemunha	-	-	16,7

## CONCLUSÕES

Nenhuma das duas rações demonstrou capacidade para o desenvolvimento das áreas de crias e a manutenção satisfatória das colônias no período de escassez de alimentos. Sendo assim, essas rações não podem ser recomendadas aos apicultores como fonte exclusiva de alimento para as colônias em período de escassez de floradas. No entanto, a ração experimental pode constituir alimentação complementar para as colônias quando elas possuírem reservas de alimento, especialmente pólen, ou se encontrarem em locais com a oferta de algum recurso floral.

Apesar do custo de produção mais elevado, a ração experimental demonstrou ser economicamente mais viável, pois apresenta um menor consumo para a manutenção da mesma área de cria e manteve as colônias durante o período experimental.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escassez dos alimentos prejudica a produção apícola em grande parte do mundo e pode ser apontada como uma das causas do CCD (Colony Collapse Disorder). Nas regiões de clima temperado, na ausência de recursos florais, comumente ocorre o consumo das reservas de mel e pólen, a redução da população de crias e abelhas adultas e até a morte das colônias. Em climas áridos, a falta de néctar e pólen estimula as abelhas a diminuírem a área de crias, consumirem as reservas e abandonarem as colmeias.

Desta forma, o fornecimento de suplementos nos períodos de falta de recursos na natureza é de fundamental importância para evitar o declínio da população de abelhas e a manutenção e produção das colônias.

Desenvolver uma dieta proteica com ingredientes facilmente encontrados no comércio das cidades fornece uma opção para apicultores conhecerem e utilizarem um suplemento testado e que não acarrete prejuízo para suas abelhas. As informações sobre a ração formulada neste estudo servem como uma opção de alimentação artificial proteica para o período de escassez.

## REFERÊNCIAS

- ABOU-SHAARA, H. F.; AL-GHAMDI, A. A.; MOHAMED, A. A. Tolerance of two honey bee races to various temperature and relative humidity gradients. **Env. Exp. Biol.**, v. 10, p. 133-138, 2012.
- AGOSTINI, K.; LOPES, A. V.; MACHADO, I. C. Recursos Florais. In: RECH, A. R.; AGOSTINI, K.; OIVEIRA, P. E.; MACHADO, I. C. (Org.). **Biologia da polinização**. Revista Editorial Ceres Belchior. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014.
- ALCÁRCEL, L. C. R. **Avaliação de formulações alimentares no desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) na savana amazônica de Roraima**. 2011. 69f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Roraima, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Boa Vista, 2011.
- ALMEIDA, M. A. D.; CARVALHO, C. M. S. **Apicultura: uma oportunidade de negócio sustentável**. Salvador: Sebrae, Bahia, 2009.
- AL-TIKRITY, W. S.; HILLMANN, R. C.; BENTON, A. W.; CLARKE, W. W. A new instrument for brood measurement in a honeybee colony. **American Bee Journal**. v.111, n.1, p.20-26, 1971.
- ALVES, J. E. **Toxicidade do Nim (*Azadirachta indica* A. Juss.: Meliaceae) para *Apis mellifera* e sua importância apícola na caatinga e mata litorânea cearense**. 2010. 149f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- AMDAM, G.V.; OMHOLT, S.W. The regulatory anatomy of honeybee lifespan. **Journal of Theoretical Biology**. n. 216, p. 209-228, 2002.
- AMDAM, G.V.; OMHOLT, S.W. The hive bee to forager transition in honeybee colonies: the double repressor hypothesis. **Journal of Theoretical Biology**. n. 223, p. 451-464, 2003.
- ANDRADE, A. B. A. et al. INFLUÊNCIA DA ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL ENERGÉTICA NA MANUTENÇÃO DE ENXAMES DE *Apis mellifera* L. DURANTE ESTIAGEM NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO RIO DO PEIXE–PB. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 3, n. 2, 2013.
- ANTONIALLI-JUNIOR, W. F.; CRUZ-LANDIM, C. Efeitos da aplicação tópica de hormônio juvenil sobre o desenvolvimento dos ovários de larvas de operárias de *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera, Apidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. v.53, n. 1, p. 115-120, 2009.
- AQUEEL, M. A. et al. Effect of varying diets on growth, development and survival of queen bee (*Apis mellifera* L.) in captivity. **International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering**. v. 10, n. 12, p. 836-839, 2016.
- AVILEZ, J. P.; ARANEDA, X. Estimulación de la puesta en abejas (*Apis mellifera*). **Archivos de zootecnia**. v. 56, n. 216, 2007.

BARRETO, L. M. R. C. et al. **Produção de pólen**. Taubaté: Cabral Editora e Livraria Universitária, 2006.

BLATT, J.; ROCES, F. Haemolymph sugar levels in foraging honeybees (*Apis mellifera* carnica): dependence on metabolic rate and in vivo measurement of maximal rates of trehalose synthesis. **The Journal of Experimental Biology**. n. 204, p. 2709-2716, 2001.

BRASIL, D. F. **Verificação e análise da ambiência interna de colmeias de abelhas (*Apis mellifera*) relacionando ao manejo de troca de quadros com crias**. 2010. 68f. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônoma) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

BRIGHENTI, D. M. **Dietas energéticas e proteicas para adultos de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae)**. 2009. 106f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

BRIGHENTI, D. M. et al. Bioactivity of *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (Berliner, 1915) to adults of *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 2, p. 279-289, 2007.

BRIGHENTI, D. M. et al. Inversão da sacarose utilizando ácido cítrico e suco de limão para preparo de dieta energética de *Apis mellifera* L., 1758. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 297-304, 2011.

BRODSCHNEIDER, R.; CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**. v. 41, p. 278–294, 2010.

BROUWERS, E. V. M.; EBERT, R.; BEETSMA, J. Behavioural and Physiological Aspects of Nurse Bees in Relation to the Composition of Larval Food During Caste Differentiation in the Honeybee. **Journal of Apicultural Research**. v. 26, n. 1, p. 11-23, 1987.

BUTTSTEDT, A.; MORITZ, R. F. A.; ERLER, S. Origin and function of the major royal jelly proteins of the honeybee (*Apis mellifera*) as members of the yellow gene family. **Biol. Rev.** v. 89, n. 2, p. 255-269, 2013.

CAMAZINE, S. The regulation of pollen foraging by honey bees: how foragers assess the colony's need for pollen. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v. 32, p. 265–272, 1993.

CAMPOS, G. et al. Classificação do mel em floral ou mel de melato. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 23, p. 1, p. 1-5, 2003.

CAMPOS, J. P. T.; **Suplementação energética para abelhas africanizadas**. 2015. 41 f. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-Campus Tancredo de Almeida Neves, São João Del Rei, Minas Gerais, 2015.

CANDY, D.J; BECKER, A.; WEGENER, G. Coordination and integration of metabolism in insect flight. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**. v. 117. n. 4 p. 497-512, 1997.

- CATAE, A. F. et al. Cytotoxic effects of thiamethoxam in the midgut and malpighian tubules of Africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Microscopy research and technique**, v. 77, n. 4, p. 274-281, 2014.
- CASTAGNINO, G.L. et al. Avaliação da eficiência nutricional do substituto de pólen por meio de medidas de áreas de cria e pólen em *Apis mellifera*. **Revista Ceres**, v. 41, n. 295, p. 307 – 315, 2004.
- CASTAGNINO, G. L. et al. Desenvolvimento de núcleos de *Apis mellifera* alimentados com suplemento aminoácido vitamínico, Promotor L®. **Ciência Rural**. v.36, n.2, p. 685 - 688, 2006.
- CASTAGNINO, G. L.; MESSAGE, D.; MARCO JÚNIOR, P.; Fornecimento de substituto de pólen na redução da mortalidade de *Apis mellifera* L. causada pela Cria Ensacada Brasileira. **Ciência Rural**. v. 41, n. 10, p. 1838-1843, 2011.
- CATAE, A. F. et al. Cytotoxic effects of thiamethoxam in the midgut and malpighian tubules of Africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Microscopy research and technique**, v. 77, n. 4, p. 274-281, 2014.
- CEKSTERYTE, V.; RACYS, J., The quality of syrups used for bee feeding before winter and their suitability for bee wintering. **Journal of Apicultural Science**, v. 50 n. 1, p. 5 – 14, 2006.
- COELHO, M.S. et al. Alimentos convencionais e alternativos para abelhas. **Caatinga** (Mossoró, Brasil) Revisão de Literatura, v.21, n.1, p.01-09, 2008.
- COSTA, F. M. et al. Desenvolvimento de colônias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 29, n. 1, p. 101-108, 2007.
- COSTA, F. R.; LIMA, R. F. S.; SILVA, S. M. P. Carta de risco de inundação a partir de modelos SRTM na área urbana de Pau dos Ferros-RN. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v. 17, n. 2, p. 182-198, 2013.
- COUTO, L. A.; COUTO, R. H. N. Estudo do fornecimento da ração proteica em colmeias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsoni*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 23, n. 2, p. 119-122, 1988.
- COUTO, L.A. Nutrição de abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12, 1998, Salvador, BA. **Anais...** Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998.
- COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: manejo e produtos**, 3ªEd. - Jaboticabal: FUNEP, 2006.
- CRAILSHEIM, K. The protein balance of the honey bee worker. **Apidologie**. n. 21, p. 417-429, 1990.
- CRAILSHEIM, K.; LEONHARD, B. Amino acids in honeybee worker haemolymph. **Amino Acids**. v.13, n.2, p.141-153, 1997.

CRAILSHEIM, K. Trophallactic interactions in the adult honeybee (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**. v. 29, n. 1-2, p.97-112, 1998.

CRAILSHEIM, K. et al. Standard methods for artificial rearing of *Apis mellifera* larvae. **Journal of apicultural research**. v. 52, n. 1, p. 1-16, 2013.

CRANE, E. **O livro do mel**. Tradução: Astrid Kleinert Giovannini. São Paulo/SP: Nobel, 1983.

CRUZ-LANDIM, C. **Abelhas: morfologia e função de sistemas**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

DALLACQUA, R. P. **Contribuição ao estudo de diferenciação de castas em abelhas *Apis mellifera*: caracterização, expressão e localização de genes de morte celular programada nos ovariolos larvais**. 2010. 150f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

DEGRANDI-HOFFMAN, G.; SAMMATARO, D.; SIMONDS, R. Are agrochemicals present in High Fructose Corn Syrup fed to honey bees (*Apis mellifera* L.)? **Journal of Apicultural Research**. v. 51, n. 4, p. 371-372, 2012.

DE GROOT, A.P. Protein and amino acid requirements of the honeybees (*Apis mellifera* L.). **Physiologia Comparata et Oecologia**, The Hague, v. 3, n 2 - 3, p. 197 – 285, 1953.

DOMINGOS, H. G. T.; GONÇALVES, L. S. Termorregulação de abelhas com ênfase em *Apis mellifera*. **Acta Veterinaria Brasilica**. v.8, n.3, p.151-154, 2014

DONER, W. L. The sugars of Honey - A review. **J. Sci. Food. Agric**. v. 28, p. 443 - 456, 1977.

DRELLER, C.; TARPY, D. R. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. **Animal Behaviour**. n. 59, p. 91-96, 2000.

FAQUINELLO, P. **Avaliação genética em abelhas *Apis mellifera* africanizadas para produção de geleia real**. 2007. 67f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

FERRAZ, M. M. et al. Alimentação de abelhas africanizadas. In: PEGORARO, A. et al. (Org.). **Aspectos práticos e técnicos da apicultura no Sul do Brasil**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2017.

FREITAS, B. M. **Potencial de caatinga para a produção de pólen e néctar para a exploração apícola**. **Fortaleza**. 1991. 140f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.

FUNARI, S. R. C. et al. Efeitos da coleta de pólen no desenvolvimento de colônias e na composição bromatológica de pupas de *Apis mellifera*. **Arch. Latinoam. Prod. Anim**. v. 11, n. 2, p. 80-86, 2003.

- GHOSH, S.; JUNG, C. Nutritional value of bee-collected pollens of hardy kiwi, *Actinidia arguta* (Actinidiaceae) and oak, *Quercus* sp. (Fagaceae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**. v. 20, n. 1, p. 245-251, 2017.
- GUIMARÃES-CESTARO, L. et al. Simultaneous detection of *Nosema* spp., *Ascospaera apis* and *Paenibacillus larvae* in honey bee products. **Journal of Hymenoptera Research**. v. 49, p. 43–50, 2016.
- GRESSLER, W. **Apicultura: dicas, macetes e quebra-galhos**. Luclart Gráfica e Editora Ltda, 2004.
- HE, X. J. et al. Making a queen: an epigenetic analysis of the robustness of the honey bee (*Apis mellifera*) queen developmental pathway. **Molecular Ecology**. v. 26, n. 6, p. 1598-1607, 2016.
- HERBERT JR., W.E.; SHIMANUKI, H; CARON, D. Optimum proteins levels required by honey bees (Hymenoptera, Apidae) to initiate and maintain brood rearing. **Apidologie**, v.8, n.2, p. 141-146, 1977.
- HOLANDA-NETO, J. P. et al. Comportamento de abandono de abelhas africanizadas em apiários durante a entressafra, na região do Alto Oeste Potiguar, Brasil. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v.11, n 2, p 72-85, 2015.
- HOOVER, S. E. R.; HIGO, H. A.; WINSTON, M. L. Worker honey bee ovary development: seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition. **Journal of Comparative Physiology B**. v. 176, n. 1, p. 55, 2006.
- HRASSNIGG, N.; LEONHARD, B.; CRAILSHEIM, K. Free amino acids in the haemolymph of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). **Amino Acids**. v. 24, n.1-2, p.205-212, 2003.
- HRASSNIGG, N., CRAILSHEIM K. Differences in drone and worker physiology in honeybees (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**. v. 36, n. 2, p. 255-277, 2005.
- HUANG, Z. Honey bee nutrition. **Am Bee J**, v. 150, p. 773-776, 2010.
- INOUYE, D. W.; WALLER, G. D. Responses of honey bees (*Apis mellifera*) to amino acid solutions mimicking floral nectars. **Ecology**. v. 65, n. 2, p. 618-625, 1984.
- KAFTANOGLU, O.; LINKSVAYER, T. A.; PAGE JR., R. E. Rearing honey bees, *Apis mellifera*, in vitro 1: effects of sugar concentrations on survival and development. **Journal of Insect Science**. v. 11, n. 96, p. 1-10, 2011.
- KIM, Y.S.; SMITH, B. H. Effect of na amino acid on feeding preferences and learning behaviorin the honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Insect Physiologi**. v. 46 p. 793-801, 2000.
- KLEE, J. et al. Widespread dispersal of the microsporidian *Nosema ceranae*, an emergent pathogen of the western honey bee, *Apis mellifera*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 96, p. 1 - 10, 2007.

KROYER, G.; HEGEDUS, N. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. n. 2, p. 171-174, 2000.

KUHNHOZL, S.; SEELEY, T.D. The control of water collection in honey bee colonies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v. 41, n. 6, p. 407-422, 1997.

LAGO, D. C. **Genes diferencialmente expressos durante o desenvolvimento do ovário de abelhas *Apis mellifera***. 2016. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

LAILAW JR., H. H. **Criação Contemporânea de Rainhas**, Canoas: La Salle, 1998, 8-14p.

LE CONTE, Y. et al. Larval salivary glands are a source of primer and releaser pheromone in honey bee (*Apis mellifera* L.). **Naturwissenschaften**. v. 93, n. 5, p. 237, 2006.

LENGLER, S. Alimentação das abelhas. **Mensagem Doce**. São Paulo, n.50, p.13–17, 1999.

LENGLER, S. Alimentação das abelhas. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. **Anais...**, SC, 2000, 45 par. CD-ROM. Seção Conferências.

LENGLER, S.; et al. Efeito de diferentes fontes proteicas no desenvolvimento intrínseco e produção de mel em colônias de abelhas. IN: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5 e ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCUSUL, 1. 2000, São Borja, RS. **Anais...**, RS, 2000a p. 139-146.

LENGLER, S. et al. Efeito dos diferentes tipos de suplementação alimentar para produção de pólen. IN: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5 e ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCUSUL, 1. 2000, São Borja, RS. **Anais...**, RS, 2000b, p. 161-172.

LENGLER, S. et al. Efeito da suplementação energético-proteica e levedura seca de cana-de-açúcar no desenvolvimento de núcleos de abelhas africanizadas IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, 2002, Mato Grosso do Sul. **Anais...**, MS, 2002, p. 113.

LI, C. et al. Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera* ligustica). **Apidologie**. v. 43, n. 5, p. 576-586, 2012.

LIMA, M. V. et al. Características reprodutivas das colônias de abelhas *Apis mellifera* submetidas à alimentação artificial. **AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**. v. 11, n. 4, p. 97-104, 2015.

LIRA, T. S., **Suplemento proteico artesanal para abelhas africanizadas**. 2014. 37f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Rio Largo, 2014.

LOIDL, A.; CRAILSHEIM, K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann) midgut. **Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology**. v. 171, n. 4, p. 313-319, 2001.

LONGO, J. M.; FISCHER, E. Efeito da taxa de secreção de néctar sobre a polinização e a produção de sementes em flores de *Passiflora speciosa* Gardn. (Passifloraceae) no Pantanal. **Revista Brasil. Bot.**, V.29, n.3, p.481-488, 2006.

MALDONADO, O. A. **Alimentación y Suplementación**. 1999. Disponível em: <[http://apicultura.cl/docs\\_biblioteca/12%20-%20Texto\\_Alimentaci%C3%B3n%20con%20Fructosa.pdf](http://apicultura.cl/docs_biblioteca/12%20-%20Texto_Alimentaci%C3%B3n%20con%20Fructosa.pdf)>. Acessado em: 19 jan. 2017.

MANCINI, M. F. O. **Evaluación de suplementos alimenticios para *Apis mellifera* L adaptados a la Araucanía**. 71f. Monografía (Graduação em Medicina Veterinária) - Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, 2010.

MANDLA, R.; KUMAR, N. R. Comparison of carbohydrates in the worker, drone and queen brood food of *Apis mellifera* during spring. **Journal of Global Biosciences**. v. 5, n. 3, p. 3765-3768, 2016.

MANNING, R. Fatty acids in pollen: a review of their importance for honey bees. **Bee World**. v. 82, n. 2, p. 60-75, 2001.

MANNING, R. et al. Lipid-enhanced pollen and lipid-reduced flour diets and their effect on the longevity of honey bees (*Apis mellifera* L.). **Australian Journal of Entomology**.v. 46, p. 251–257, 2007.

MARCAGGI, P.; COLES, J.A. Ammonium in nervous tissue: transport across cell membranes, fluxes from neurons to glial cells, and role in signaling. **Progress in Neurobiology**. n. 64, p. 157-183, 2001.

MICHEU, S, CRAILSHEIM K., LEONHARD, B. Importance of proline and other amino acids during honeybee flight. **Amino Acids**. v. 18. n. 2. p. 157-175. 2000.

MILFONT, M. O. et al. Honey production by Africanized honey bees in castor bean cropping. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1195-1200, 2009.

MILFONT, M.O.; FREITAS, B. M.; ALVES, J. E. **Pólen apícola: Manejo para produção no Brasil**, 1. ed. Viçosa - MG: Aprenda Fácil Editora, 2011. v. 3000. 102p.

MUICELA, V. E. C. **Evaluación de fuentes proteicas en la alimentación de las abejas (*Apis mellifera*)**. 2017. 60f. Monografía (Graduação em Medicina Veterinária) - Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Ambato, Cevallos – Tungurahua - Ecuador, 2017.

NEGRÃO, A. F. **Efeito da sazonalidade no teor proteico e composição de aminoácidos no pólen apícola produzido em Botucatu, Estado de São Paulo**. 2014. 48f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2014.

NETO, I. A. et al. Influência de essências na alimentação artificial energética na atratividade de Abelhas *Apis mellifera*. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 10, n. 3, p. 47-52, 2015.

NICOLSON, S. W. Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two. **African Zoology**. v. 46, n. 2, p. 197-204, 2011.

NORDI, J. C.; BARRETO, L. M. R. C. **Flora apícola e polinização**. Taubaté: Editora e Livraria Cabral Universitária, 2016.

NUNES, F. M. F. **RNAs de fita dupla oferecidos na dieta de larvas causam alterações fisiológicas no desenvolvimento das castas de *Apis mellifera***. 2007. 117f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.

OLIVEIRA, J. W. S. **Efeito da suplementação proteica sobre características morfométricas de rainhas de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.)**. 2016. 39f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

OMAR, E. et al. Influence of different pollen diets on the development of hypopharyngeal glands and size of acid gland sacs in caged honey bees (*Apis mellifera*). **Apidologie**. v. 48, n. 4, p. 425-436, 2016.

PAGE JR, 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, p. 695-711, 2001.

PANKIW, T.; WADDINGTON, K. D.; PAGE JR, R. E., Modulation of sucrose response thresholds in honey bees (*Apis mellifera* L.) influence of genotype, feeding, and foraging experience. **J. Comp. Physiol**. v. 187, p. 293 – 301, 2001.

PANKIW, T.; RININK, W.L. Pollen foraging response to brood pheromone by africanized and european honey bees (*Apis mellifera* L.). **Annals of the Entomological Society of America**, v.95, n.6, p. 761-767, 2002.

PAOLI, P. P. et al. The dietary proportion of essential amino acids and Sir2 influence lifespan in the honeybee. **Age**. v. 36, n. 3, p. 9649, 2014.

PAULINO, F. D. C. Alimentação artificial. In: SOUZA, D. C. (Org.). Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural. SEBRAE. Brasília: Sebrae, 2004.

PAULINO, F. D. G. **Alimentação Em *Apis mellifera* L.: Exigências Nutricionais E Alimentos**. In: I Simpósio de Nutrição e Alimentação Animal realizado na XIII. Semana Universitária da Universidade Estadual do Ceará – UECE. 2008. Disponível em: <[http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa22\\_01d.pdf](http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa22_01d.pdf)>. Acessado em: 27 jan. 2017.

PENHA, L. A. O. et al. A soja como alimento: valor nutricional, benefícios para a saúde e cultivo orgânico. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 25, n. 1, p. 91-102, 2007.

PEREIRA, D. S. et al. Peso de rainhas virgens africanizadas produzidas em colônias submetidas a diferentes suplementações alimentares em Mossoró-RN, Brasil. **ACTA Apícola Brasilica**, v. 3, n. 1, p. 18-24, 2015.

PEREIRA, D. S. et al. Alimentação de abelhas *Apis mellifera* L. (Africanizadas) no período de estiagem, no Semiárido Nordeste, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 117-119, 2014b.

PEREIRA, D. S. et al. Mitigação do comportamento de abandono de abelhas *Apis mellifera* L. em apiários no Semiárido Brasileiro. **ACTA Apícola Brasilica**, v. 2, n. 2, p. 01-10, 2014a.

PEREIRA, F. M. **Desenvolvimento de ração proteica para abelhas *Apis mellifera* utilizando produtos regionais do Nordeste brasileiro**. 2005. 192f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

PEREIRA, F. M. et al. Desenvolvimento de colônias de abelhas com diferentes alimentos protéicos. **Pesq. agropec. bras.**, v.41, n.1, p.1-7, 2006.

PEREIRA, F.M. et al. Efeito tóxico de alimentos alternativos para abelhas *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p. 533 - 538, 2007.

PEREIRA, F. M. **Alternativas de Alimentação Para Abelhas**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25400/1/CBA18.pdf>>. Acesso em: 06 maio 2017.

PEREIRA, F. M.; FREITAS, B. M.; LOPES, M. T. R. **Nutrição e alimentação das abelhas**. Teresina, EMBRAPA Meio-Norte, 2011.

PEREIRA, F. M. **Alimentação de exames por conta dos períodos de escassez na caatinga**. IN: Seminário Nordeste de Pecuária, 19, 2015, Fortaleza. **Anais...**, CE, 2015. Seção Palestras. Disponível em: <<http://pecnordestefaec.org.br/2015/wp-content/uploads/2015/05/Alimenta%C3%A7%C3%A3o-de-exames-por-conta-dos-per%C3%ADodos-de-escassez-na-caatinga-Fabia-de-Mello.pdf>>. Acessado em: 06 maio 2017.

PERNAL, S. F.; CURRIE, R. W. The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). **Behav Ecol Sociobiol**. v. 51, n. 1, p. 53-68, 2001.

PINHEIRO, M. et al. Polinização por abelhas. In: RECH, A. R. et al. (Org.). **Biologia da polinização**. Revista Editorial Ceres Belchior. Rio de Janeiro: Projeto cultural, 2014.

PINTO, M. R. R. **Alimentação de *Apis mellifera* africanizadas: Relação com a fisiologia, produção, sanidade e segurança alimentar**. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Veterinária, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

POKHREL, S. Effects of temperature on honeybee biology and behavior. **Nepalese Journal of Agricultural Sciences**. v. 14, p. 332-339, 2016.

QUEIROZ, J. H.; ARAÚJO, J. L.; NASCIMENTO, E. G. C. Conhecimento dos bombeiros no atendimento às vítimas de acidentes de trânsito. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**. v. 11, n. 1, 2017.

RAMALHO-SOUSA, D. S. et al. Dinâmica populacional de colônias de *Apis mellifera* durante o período chuvoso na região de Araguaína. **DESAFIOS**. v. 3, p. 138-143, 2017.

RAMOS, J. M.; CARVALHO, N. C. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. v. 6, n. 10, p. 1-21, 2007.

REDDY, P. V. R.; KAVITHA, S. J. Thermoregulation in honey bees: Mechanism and Adaptations. **Current Biotica**. v. 10, n. 1, p. 89-101, 2016.

SABATINI, A. G. et al. Quality and standardisation of Royal Jelly. **Journal of ApiProduct and ApiMedical Science**. v.1, n. 1, p. 1-6, 2009.

SAFFARI, A.; KEVAN, P. G.; ATKINSON, J. L. Palatability and consumption of patty-formulated pollen and pollen substitutes and their effects on honeybee colony performance. **J. Apic. Sci**, v. 54, n. 2, p. 63-71, 2010.

SALLES, H.C.; GRACIOLI, L.F. Glândulas mandibulares e intermandibulares. IN: CRUZ-LANDIM, C.; ABDALLA, F.C. **Glândulas exócrinas das abelhas**. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002, p.71-90.

SAMMATARO, D.; WEISS, M. Comparison of Productivity of Colonies of Honey Bees, *Apis mellifera*, Supplemented with Sucrose or High Fructose Corn Syrup. **Journal of Insect Science**. v. 13, n. 19, p. 1-13. 2013.

SANFORD, M.T. Protein Management: The Other Side of the Nutritional Coin in Apiculture. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina, PI. **Anais...** Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p. 51-57.

SANTIAGO, E. O. et al. A bananeira como fonte alternativa de néctar para abelhas africanizadas durante a escassez de floradas nativas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 4, p. 123-128, 2014.

SANTOS, D. C.; MARTINS, J. N.; SILVA, K. F. N. L. Aspectos físico-químicos e microbiológicos do mel comercializado na cidade de Tabuleiro do Norte-Ceará. **Revista Verde**. v.5, n.1, p.79 – 85, 2010.

SCHAFASCHEK, T. P. et al. Efeito da suplementação alimentar sobre as características produtivas e reprodutivas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. **Biotemas**. v. 21, n. 4, p. 99-104, 2008.

SCHMARANZER, S. Thermoregulation of water collecting honey bees (*Apis mellifera*). **Journal of Insect Physiology**. v. 46, p. 1187-1194, 2000.

SCHMICKL T.; CRAILSHEIM, K. Cannibalism and early capping: strategies of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages. **J. Comp. Physiol.** v. 187, p. 541–547, 2001.

SCHMICKL T.; CRAILSHEIM, K. How honeybees (*Apis mellifera* L.) change their broodcare behavior in response to non-foraging conditions and poor pollen conditions. **Behav. Ecol. Sociobiol.** v. 51, p. 415–425, 2002.

SEELEY, T. D. Social foraging in honeybees: how nectar foragers assess their colony's nutritional status. **Behavioral Ecology and Sociobiology.** v. 24, p. 181–199, 1989.

SEELEY, T. D.; TOVEY, C. A. Why search time to find a food-storer bee accurately indicates the relative rates of néctar collecting and nectar processing in honey bee colonies. **Animal Behaviour.** v. 47, p. 311–316, 1994.

SEELEY, T. D. **Ecologia das abelhas: um estudo e adaptação na vida social.** Porto Alegre: Paixão, 2006.

SEREIA, M. J. **Suplementos proteicos para abelhas africanizadas submetidas à produção de geleia real.** 2009. 92f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

SEREIA, M. J. et al. Lifespan of Africanized honey bees fed with various proteic supplements. **Journal of Apicultural Science,** v. 54, n. 2, p. 37-49, 2010.

SEREIA, M. J. et al. Alternative sources of supplements for Africanized honeybees submitted to royal jelly production. **Acta Scientiarum. Animal Sciences,** v. 35, n. 2, p. 165-171, 2013.

SHEHATA, I. A. A. Evaluation of Carniolan and Italian Honey Bee Colonies Fed on Artificial Diets in Dearth and Flowering Periods under Nasr City Conditions. **International Journal of Environment.** v. 5, n. 2, p. 19 – 25, 2016.

SINGH, S.; SAINI, K.; JAIN, K. L. Quantitative comparison of lipids in some pollens and their phagostimulatory effects in honey bees. **Journal of Apicultural Research.** v. 38, n. 1-2, p. 87-92, 1999.

SILVA, A. F.; ALVES, A. M. Considerações acerca do processo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Pau dos Ferros-RN. **Revista Geotemas,** v. 1, n. 2, p. 53-67, 2011.

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

SOMERVILLE, D. Honey bee nutrition and supplementary feeding. **Agnote DAI/178. NSW Agriculture,** p. 1034-6848, 2000.

SOMERVILLE, D. Fat Bees Skinny Bees. **A manual on honey bee nutrition for beekeepers. Australian Government Rural Industries Research and Development Corporation, Goulburn.** 2005. 142p. Disponível em: <<https://rirdc.infoservices.com.au/downloads/05-54.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

STACE, P. **Protein content and amino profiles of honeybee-collected pollens**. Australia, 1996. Disponível em: <<http://www.honeybee.com.au/Library/pollen/nutrition.html>>. Acessado em: 10 maio 2017.

STANDIFER, L. N. et al. **Supplemental feeding of honey bee colonies**. United States Department of Agriculture. Agriculture Information Bulletin, n. 413, 1977. Disponível em: <<https://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=CAT87209984&content=PDF>>. Acesso em: 19 maio 2017.

TAHA, E. K. A. The impact of feeding certain pollen substitutes on maintaining the strength and productivity of honeybee colonies (*Apis mellifera* L.). **Bull. Ent. Soc. Egypt, Econ. Ser.** n. 41, p. 63-74, 2015.

TEIXEIRA, E. W. et al. *Nosema ceranae* has been present in Brazil for more than three decades infecting Africanized honey bees. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 114, p. 250-254, 2013.

TOLEDO, V. A. A. et al. Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. **Animal Sciences**. v. 32, n. 1, p. 101-108, 2010.

TOTH, A. L. et al. Nutritional status influences socially regulated foraging ontogeny in honey bees. **Journal of Experimental Biology**. v. 208, n. 24, p. 4641-4649, 2005.

TOTH, A. L.; ROBINSON, G. E. Worker nutrition and division of labour in honeybees. **Animal behaviour**. v. 69, n. 2, p. 427-435, 2005.

TRAYNOR, K. S.; WANG, Y.; BRENT, C. S.; AMDAM, G. P. PAGE JR., R. E. Young and old honeybee (*Apis mellifera*) larvae differentially prime the developmental maturation of their caregivers. **Animal Behaviour**. n. 124, p. 193 – 202, 2017.

TURCATTO, A. P.; MORAIS, M. M.; DE JONG, D. **Alimentação artificial proteica para abelhas africanizadas *Apis mellifera***, 2010. Disponível em: <[http://myrtus.uspnet.usp.br/bioabelha/images/pdfs/projeto322/nacionais/2010\\_turcatto\\_et\\_all\\_a.pdf](http://myrtus.uspnet.usp.br/bioabelha/images/pdfs/projeto322/nacionais/2010_turcatto_et_all_a.pdf)>. Acesso em: 09 jan. 2017.

TURCATTO, A. P. **Desenvolvimento e análise do efeito de dietas protéicas como suplementação nutricional para abelhas *Apis mellifera***. 2011. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2011.

VEZETEU, T. V. et al. Food to some, poison to others-honeybee royal jelly and its growth inhibiting effect on European Foulbrood bacteria. **MicrobiologyOpen**, v. 6, n. 1, 2017.

VIDAL, D.; CARMO, G. F.; COSTA, J. A. Bebedouros contínuos para apicultura no semi-árido. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. **Anais...**, SC, 2000, 1 par. CD-ROM. Seção Resumos.

VISSCHER, P. K.; CRAILSHEIM, K.; SHERMAN, G. How do honey bees (*Apis mellifera*) fuel their water foraging flights? **J. Insect Physiol.** v. 42, n. 11-12, p. 1089-1094, 1996.

VIUDA-MARTOS, M. et al. Functional Properties of Honey, Propolis, and Royal Jelly. **Journal of Food Science.** v. 73, n. 9, 2008.

WAINSELBOIM, A. L.; FARINA, W. M. Trophallaxis in the honeybee *Apis mellifera* (L.): the interaction between flow of solution and sucrose concentration of exploited food sources. **Animal Behaviour**, n. 59, p. 1177-1185, 2000.

WANG, Y.; LI-BYARLAY, H. Chapter Two-Physiological and Molecular Mechanisms of Nutrition in Honey Bees. **Advances in Insect Physiology.** v. 49, p. 25-58, 2015.

WANG, Y. et al. Larval starvation improves metabolic response to adult starvation in honey bees (*Apis mellifera* L.). **Journal of Experimental Biology.** v. 219, n. 7, p. 960-968, 2016.

WIDIATMAKA et al. Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process for land use planning of bee-keeping in forest margin of Bogor Regency, Indonesia. **Jurnal Silvicultura Tropika**, v. 7, n. 3, p. 50-57, 2016.

WIESE, H. **Apicultura Novos Tempos**, 2ª Ed. – Guaíba: Agrolivros, 2005.

WINSTON, M. L. **A Biologia da Abelha**, Porto Alegre: Magister, 2003.

YANG, W. et al. Longevity extension of worker honey bees (*Apis mellifera*) by royal jelly: optimal dose and active ingredient. **PeerJ**, v. 5, n. 3118, p. 1 – 15, 2017.

YAPALUCCI, G. A. P. **Efeito do tamanho da célula do favo de cria sobre a variabilidade morfológica das abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) e sobre a infestação e reprodução do ácaro *Varroa jacobsoni***. 2001. 154f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Departamento de Biologia, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2001.