

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**DESEMPENHO PRODUTIVO, REPRODUTIVO E RESPOSTA FISIOLÓGICA DE  
ABELHAS AFRICANIZADAS QUE RECEBERAM SUPLEMENTAÇÃO  
ALIMENTAR**

Gustav de Oliveira

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nadja Susana Mogyca Leandro

Goiânia

2019



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico:     Dissertação     Tese

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

Nome completo do autor: Gustav de Oliveira

Título do trabalho: Desempenho produtivo, reprodutivo e resposta fisiológica de abelhas africanizadas que receberam suplementação alimentar

**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 07 / 06 / 19

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

GUSTAV DE OLIVEIRA

**DESEMPENHO PRODUTIVO, REPRODUTIVO E RESPOSTA FISIOLÓGICA DE  
ABELHAS AFRICANIZADAS QUE RECEBERAM SUPLEMENTAÇÃO  
ALIMENTAR**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Zootecnia junto à Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.

**Área de concentração:**

Produção animal

**Orientadora:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nadja Susana Mogyca Leandro –  
EVZ/UFG

**Comitê de Orientação:**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla Afonso da Silva Bitencourt  
Braga – IPTSP/UFG

Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. José Henrique Stringhini –  
EVZ/UFG

Goiânia

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Oliveira, Gustav de  
DESEMPENHO PRODUTIVO, REPRODUTIVO E RESPOSTA  
FISIOLÓGICA DE ABELHAS AFRICANIZADAS QUE RECEBERAM  
SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR [manuscrito] / Gustav de Oliveira. -  
2019.  
LXXI, 71 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro; co  
orientadora Dra. Carla Afonso da Silva .  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola  
de Veterinária e Zootecnia (EVZ), Programa de Pós-Graduação em  
Zootecnia, Goiânia, 2019.  
Bibliografia.

1. apis mellifera. 2. custo/benefício. 3. entressafra. 4. proteína. I.  
Mogyca Leandro, Nadja Susana , orient. II. Título.

CDU 635

1 ATA NÚMERO 60 DA SESSÃO DE JULGAMENTO DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
2 MESTRADO DO (A) ALUNO **Gustav de Oliveira** do Programa de Pós-Graduação em  
3 Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás. Aos  
4 **17/05/2019**, a partir das **14h00min**, na sala de Reuniões do Departamento de Zootecnia da  
5 Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, nesta Capital, realizou-se  
6 a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “**Efeito de suplementação para abelhas**  
7 **sobre desempenho produtivo e respostas fisiológicas**”, apresentado para obtenção do título  
8 de **Mestre em Zootecnia**, junto à área de Concentração: Produção Animal. Os trabalhos foram  
9 instalados pelo (a) Presidente da Comissão Julgadora, Orientador (a) **Profa. Dra. Nadja**  
10 **Susana Mogyca Leandro**, com a participação dos demais membros da Banca Examinadora,  
11 **Profa. Dra. Maria José Oliveira de Faria Almeida – CEPAE/UFG** e **Prof. Dr. Emanuel**  
12 **Arnhold**. Iniciando os trabalhos, a Presidente concedeu a palavra ao (a) candidato (a) **Gustav**  
13 **de Oliveira**, para exposição em **QUARENTA MINUTOS** do seu trabalho. A seguir, o senhor  
14 Presidente concedeu a palavra, pela ordem, aos demais membros da banca, os quais passaram a  
15 arguir o (a) candidato (a), durante o prazo máximo de **VINTE MINUTOS**, assegurando-se ao  
16 mesmo, igual prazo para responder aos Senhores Membros da Banca Examinadora. Ultimada a  
17 arguição, que se desenvolveu nos termos regimentais, a Comissão, em sessão secreta,  
18 expressou seu Julgamento, considerando o (a) candidato (a) Aprovado  
19 (aprovado/reprovado) pelos seus membros. Proclamados os resultados da Banca Examinadora,  
20 foram encerrados os trabalhos e, para constar lavrou-se a presente ata que, após lida e achada  
21 conforme vai assinada pelos membros da Banca Examinadora.

22 A Banca Examinadora aprovou a seguinte modificação no título da dissertação:

23 Desempenho produtivo, reprodutivo e resposta fisiológica  
24 de abelhas africanizadas que receberam suplementação alimentar.  
25 \_\_\_\_\_  
26 \_\_\_\_\_  
27 \_\_\_\_\_  
28 \_\_\_\_\_  
29 \_\_\_\_\_

Nadja S.M. Leandro

Profa. Dra. Nadja Susana Mogyca Leandro  
(Presidente da Banca)

M. J. Oliveira de Faria Almeida

Profa. Dra. Maria José Oliveira de Faria Almeida – CEPAE/UFG

Emanuel Arnhold

Prof. Dr. Emanuel Arnhold

À minha família que me deu apoio e condições para nunca desistir, em especial aos meus pais, Jane e Miguel, minha irmã Eliza, minha avó Nelzinda e minha companheira Kynsey pela presença e cumplicidade.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Goiás e Escola de Veterinária e Zootecnia, pela estrutura, funcionários e professores competentes.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nadja Susana Mogyca Leandro, pela disponibilidade, lições profissionais e pessoais, paciência e incentivo.

Aos meus co-orientadores Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carla Afonso da Silva Bitencourt Braga, pelo companheirismo, aprendizado e ajuda em todas as fases de execução do experimento e ao Prof. Dr. José Henrique Stringhini pelo incentivo, ensinamentos e por ter contribuído na minha formação profissional.

Ao Prof. Dr. Pedro Vale de Azevedo Brito pela contribuição na construção do meu conhecimento sobre fisiologia e morfologia de insetos e ajuda no experimento e análises laboratoriais.

À minha companheira Kynsey Mayume pelo apoio e ajuda indispensável em toda as fases de planejamento e execução do experimento.

Aos colegas de graduação e pós-graduação pela ajuda no experimento e análises laboratoriais.

À CAPES pelo apoio financeiro da bolsa.

Meus sinceros agradecimentos.

“Para o homem forte, não há espetáculo maior do que a batalha de uma razão rodeada por uma realidade que a supera.”

Albert Camus

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	17
1. Introdução.....	17
2. Revisão bibliográfica .....	19
2.1 Comportamento social e divisão de castas .....	19
2.2 Nutrição e comportamento alimentar de <i>Apis mellifera</i> .....	19
2.2.1 Exigência de açúcares .....	21
2.2.3 Exigência de proteína e aminoácidos.....	22
2.2.4 Exigência de vitaminas .....	25
2.3. Escassez de alimento e alimentação artificial .....	25
REFERENCIAS .....	29
CAPITULO 2. ÁREA DE CRIA OPERCULADA E PRODUÇÃO DE MEL EM COLMEIAS SUPLEMENTADAS COM XAROPE CONTENDO VITAMINAS E AMINOÁCIDOS .....	33
RESUMO .....	33
ABSTRACT .....	34
1. INTRODUÇÃO .....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.1.1 – Local, animais e delineamento experimental:.....	37
2.1.2 – Tratamentos e dietas experimentais .....	39
2.1.3 – Manejo experimental .....	40
2.1.4 – Variáveis estudadas.....	41
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	42
4. CONCLUSÃO .....	50
REFERENCIAS .....	51
CAPITULO III. EFEITO DA ALIMENTAÇÃO AMINOÁCIDO/VITAMÍNICA SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOMÉTRICOS DE <i>APIS MELLIFERA</i> .....	54
RESUMO .....	54
ABSTRACT .....	55
1. INTRODUÇÃO .....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	57
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
4. CONCLUSÃO .....	67
REFERENCIAS .....	68
CAPITULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	71

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1.

TABELA 1 - Requerimento de glicose de uma colônia em período de safra e entressafra.....	20
TABELA 2 - Aminoácidos essenciais e suas exigências na proteína bruta para o desenvolvimento de operárias de <i>Apis mellifera</i> .....	23

### CAPÍTULO 2.

TABELA 1 - Temperatura média e índice pluviométrico nos meses de abril a outubro no município de Goiânia em 2018.....	37
TABELA 2 - Composição dos suplementos contendo Promotor L®, aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de <i>Apis mellifera</i> e aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real.....	40
TABELA 3 - Média e mediana da área de cria operculada (cm <sup>2</sup> ), de acordo com a suplementação em colônias de <i>A. mellifera</i> em diferentes meses.....	45
TABELA 4 - Quantidade média de mel de <i>A. mellifera</i> obtido em três colheitas realizadas entre setembro e outubro em colmeias alimentadas com diferentes suplementos.....	48
TABELA 5 - Produção de mel por colônias de <i>A. mellifera</i> alimentadas com diferentes suplementos de xarope de sacarose no período de entressafra.....	48
TABELA 6 - Custos, receitas e relação custo-benefício da suplementação de colmeias de <i>A. mellifera</i> com xarope de sacarose contendo ou não aminoácidos e Promotor L®, no período de entressafra.....	49

### CAPÍTULO 3.

TABELA 1 - Composição dos suplementos contendo Promotor L®; aminoácidos essenciais nas proporções da exigência de <i>A. mellifera</i> ; aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real e estimativa de aminoácidos presentes no tratamento controle (mel e pólen) .....	58
---	----

TABELA 2 - Consumo diário de alimento por abelha, na matéria natural e matéria seca, peso vivo e taxa de sobrevivência de abelhas nutrizas submetidas a diferentes dietas, ao sétimo experimental.....	61
TABELA 3 - Deposição corporal de lipídios e proteínas, proteína bruta de hemolinfa e área média de ácinos de glândulas hipofaríngeas de abelhas nutrizas ao sétimo dia de idade, submetidas a diferentes dietas.....	63

**LISTA DE QUADROS**

**CAPITULO 2.**

QUADRO 1: Calendário fenológico do apiário da EVZ/UFG..... 38

**LISTA DE FIGURAS****CAPITULO 2.**

Figura 1: Ácinos de glândulas hipofaríngeas de <i>A. mellifera</i> alimentadas com mel e pólen (A) e xarope de sacarose (B) .....	66
---	----

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

AA	- Aminoácidos
BOD	- Biochemical oxygen demand
HMF	- Hidroximetilfurfural
PB	- Proteína bruta
PNA'S	- Polissacarídeos não-amiláceos

# DESEMPENHO PRODUTIVO, REPRODUTIVO E RESPOSTA FISIOLÓGICA DE ABELHAS AFRICANIZADAS QUE RECEBERAM SUPLEMENTAÇÃO ALIMENTAR

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da adição de aminoácidos e vitaminas no xarope de sacarose utilizado para suplementação de *Apis mellifera*, sob aspectos produtivos e fisiológicos, assim como sua viabilidade econômica. Foram realizados dois experimentos, sendo o primeiro realizado a campo, no apiário escola da EVZ/UFG e o segundo realizado em ambiente controlado no laboratório de morfologia do ICB/UFG, em Goiânia. Os suplementos testados nos dois experimentos foram: xarope de sacarose 50%; xarope de sacarose 50% + 0,5% do suplemento aminoácido/vitamínico comercial (Promotor L®); xarope de sacarose 50% + 0,5% de aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera* e xarope de sacarose 50% + 0,5% de aminoácidos essenciais na proporção da geleia real. O segundo experimento ainda contou com um tratamento controle: mistura de mel 66% e pólen 34%. No primeiro experimento 16 colmeias foram suplementadas de abril a julho, sendo quatro tratamentos e quatro repetições. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. As variáveis analisadas no primeiro experimento foram: área de cria operculada e produção de mel. Observou-se diferença entre os tratamentos sobre a área de cria operculada, com resultados positivos para xarope com adição de Promotor L® e xarope com adição de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. Houve diferença para a produção de mel com melhores resultados para o suplemento com Promotor L® e suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. A relação custo/benefício indicou maior vantagem econômica para o suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. No segundo experimento foram utilizadas 500 abelhas recém emergidas, alojadas em gaiolas experimentais e distribuídas em delineamento em blocos casualizados, dentro de estufa BOD (sendo as prateleiras blocadas), com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 abelhas. As variáveis analisadas no segundo experimento foram: consumo do suplemento, peso seco ao sétimo dia de emergência opercular, desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas, deposição corporal de proteínas e lipídeos e proteína bruta da hemolinfa. Observou-se maior consumo das dietas dos tratamentos com xarope à base de sacarose quando comparados ao tratamento contendo mel e pólen. A deposição corporal de lipídeos foi maior para as abelhas do tratamento contendo mel e pólen. A taxa de sobrevivência foi maior no tratamento contendo mel e pólen e no tratamento contendo xarope de sacarose com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. O desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas diferiu entre os tratamentos, com melhores resultados para o tratamento contendo mel e pólen e para o tratamento contendo xarope de sacarose com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*, sendo os piores resultados para tratamento contendo apenas sacarose e para o xarope de sacarose contendo aminoácidos nas proporções da geleia real. Houve diferença para o peso seco ao sétimo dia e deposição de proteínas, sendo os melhores resultados para o tratamento contendo mel e pólen, e os piores resultados para o tratamento contendo apenas xarope de sacarose. Considerando-se os resultados obtidos nos dois experimentos, recomenda-se o uso de suplemento de sacarose 50% com 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* em período de entressafra.

**Palavras-chave:** *apis mellifera*, custo/benefício, entressafra, proteína.

## PRODUCTIVE, REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND PHYSIOLOGICAL RESPONSE OF AFRICANIZED BEES RECEIVING FOOD SUPPLEMENTATION

### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of amino acids and vitamins in the sucrose syrup used for *Apis mellifera* supplementation, in terms of its productive and physiological aspects, as well as its economic viability. Two experiments were carried out, the first in the apiary school of the EVZ / UFG and the second in a controlled environment in the ICB/ UFG morphology laboratory in Goiania. The supplements tested in the two experiments were: 50% sucrose syrup; sucrose syrup 50% + 0.5% of the commercial amino acid / vitamin supplement (Promoter L®); sucrose syrup 50% + 0.5% amino acids in proportion to the requirements of *A. mellifera* and sucrose syrup 50% + 0.5% amino acids in the proportion of the royal jelly. The second experiment had a control treatment: mixture of 66% honey and 34% pollen. In the first experiment, 16 hives were supplemented from april to july, with four treatments and four replications. A completely randomized design was used. The analyzed variables in the experiment were: capped brood area and honey production. Difference between the treatments was observed for both variables, with best results for sucrose syrup 50% + 0.5% of Promotor L® and sucrose syrup 50% + 0.5% of amino acids in proportion of its requirements for *A. mellifera*. The cost / benefit ratio indicate economic advantage for sucrose syrup 50% + 0.5% of amino acids in proportion of its requirements for *A. mellifera*. In the second experiment were used 500 newly emerged bee placed in experimental cages and distributed in randomized block design, in BOD greenhouse, with five treatments and four repetitions of 25 bees confined for seven days. The analyzed variables in the experiment were: food consumption; dry weight, survival rate, development of hypopharyngeal gland, lipids and protein deposition in body and crude protein of hemolymph. It was observed higher consumption of diets from the sucrose-based syrup treatments when compared to the treatment with honey and pollen. Body deposition of lipids was higher for treatment with honey and pollen. The survival rate were higher in treatment with honey and pollen and treatment containing sucrose with amino acids in the proportions of its requirements for *A. mellifera*. The development of hypopharyngeal glands differed between the treatments, with best results for the treatment containing honey and pollen and for the treatment with sucrose syrup with amino acids in the proportions of its requirements for *A. mellifera*. The treatment containing only sucrose and the treatment containing sucrose syrup with amino acids in the proportions of the royal jelly show the worst results. The dry weight and deposition of proteins, where best for the treatment with honey and pollen, and worst results for the treatment containing only sucrose syrup. Considering the results obtained in the two experiments, it is recommended to use 50% sucrose supplement with 0.5% essential amino acids in the proportions of *A. mellifera* requirements in the off-season.

**Keywords:** apis mellifera, cost/benefit, off-season, protein

## CAPÍTULO 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. Introdução

As abelhas são insetos fundamentais para a manutenção de diferentes ecossistemas. Têm relação obrigatória com as plantas por dependerem de recursos florais durante toda a vida. Estima-se que as abelhas representam 40% de todos os animais polinizadores. A polinização é um fator essencial na composição de diversos processos biogeocenóticos, sendo necessária para a reprodução sexuada de plantas, o que promove o aumento de variabilidade genética<sup>1</sup>. O desempenho do agronegócio brasileiro é diretamente ligado à eficiência dos polinizadores. Estima-se que 60% das culturas de interesse econômico no país dependem de polinizadores para seu desenvolvimento, representando em média 30% de toda receita gerada pela agricultura nacional<sup>2</sup>. É neste cenário que a apicultura vem ganhando espaço na cadeia produtiva do país.

A apicultura é uma atividade ecológica e econômica importante para a geração de renda de muitos produtores rurais, seja como fonte principal de renda ou complementar às atividades de agricultura e pecuária. A atividade expandiu nacionalmente na década de 80 com a adoção de técnicas racionais de manejo e uso de tecnologias de processamento de produtos apícolas, sendo especialmente atrativa por demandar baixo custo de implantação e manutenção além de mão de obra reduzida. Na década de 90, a apicultura popularizou-se entre os pequenos produtores, o que potencializou a produção nacional de mel e outros produtos apícolas como pólen, própolis e a geleia real<sup>3</sup>.

O mel brasileiro é reconhecido mundialmente por sua coloração, seu sabor característico e qualidade elevada. Em 2009 o Brasil foi o 4º maior exportador de mel do mundo, em 2012 ocupou a décima posição e até o último levantamento realizado pelo IBGE em 2015, o Brasil ocupou a 8ª posição do ranking mundial de produção e exportação de mel<sup>4</sup>.

Abelhas melíferas coletam água, néctar e pólen e eventualmente seiva para satisfazer suas exigências nutricionais, essas substâncias são coletadas de acordo com sua disponibilidade na natureza e a necessidade da colônia<sup>5</sup>. Com a expansão da agricultura de grãos e pastagens para produção animal, houve aumento considerável das áreas de monocultura nas últimas décadas. Isso torna a alimentação das abelhas cada vez mais sujeita aos ecossistemas modificados pelo homem, limitando a oferta de nutrientes oferecidos pelo ambiente e levando ao empobrecimento nutricional de suas dietas, além do risco de exposição

aos agrotóxicos comumente utilizados em lavouras<sup>1</sup>. As abelhas também têm o desenvolvimento da colônia influenciado pela sazonalidade de oferta de alimento na natureza, nesses casos, ocorre a necessidade de fornecimento de alimentação suplementar para mitigar o desbalanceamento nutricional<sup>6</sup>.

No cerrado brasileiro as florações de maior interesse apícola concentram-se no período de setembro a novembro, quando ocorre maior disponibilidade de pólen e néctar. Nos demais meses do ano os enxames são mantidos por pastagens menos expressivas que podem não oferecer capacidade de suporte adequada ao crescimento da colônia<sup>7</sup>.

Muitas vezes a quantidade e a qualidade dos nutrientes oferecidos pela flora local, não condiz com as reais necessidades da colônia, acarretando diminuição na produção de mel pelas operárias, redução de postura pela rainha, subnutrição das operárias e larvas, maior suscetibilidade a doenças, parasitas, pilhagens de alimentos e nos casos mais graves, o colapso do enxame<sup>8</sup>.

São escassos os estudos sobre nutrição de abelhas melíferas, e muitos nutrientes ainda não tem seus valores mínimos de exigência determinados para as diferentes fases de vida da abelha, pois grande parte dos estudos com nutrição são focados na aceitação de diferentes ingredientes e não especificamente em exigências nutricionais<sup>8</sup>. Entretanto, mesmo sem muita base científica, diversas dietas suplementares são fornecidas de maneira empírica pelos apicultores, como rações a base de farelo de soja, milho, farelo de arroz, levedura de cerveja e pólen<sup>9</sup>.

Enxames que não recebem alimentação artificial durante toda a entressafra apícola podem levar até 50 dias para reestabelecer sua população normal na época das floradas principais. Dessa maneira, a colônia não consegue aproveitar o verdadeiro potencial dos recursos vegetais, o que reduz significativamente a produtividade do enxame, eficiência de polinização e, conseqüentemente, lucro para o apicultor<sup>10</sup>.

Dentro desse contexto, o presente estudo propôs avaliar o desempenho produtivo e características de *A. mellifera* quando alimentadas com suplemento comercial de ampla indicação, comumente utilizado na apicultura, bem como suplementos formulados especificamente para abelhas, buscando compreender e aprofundar o conhecimento sobre nutrição apícola. O principal objetivo do estudo foi apresentar diferentes formulações de suplementos que podem mitigar o déficit nutricional que as abelhas sofrem no período de entressafra apícola, a fim de evitar perda de colônias e problemas com baixa produtividade.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1 Comportamento social e divisão de castas

A maioria dos insetos eusociais podem ser categorizados em um sistema de castas, que consiste na diferenciação comportamental e morfológica desses insetos dentro de suas sociedades. A *A. mellifera* possui uma estrutura social composta por três castas: rainha, zangões e operárias, sendo cada casta responsável por desempenhar um papel social distinto<sup>11</sup>.

A rainha tem função reprodutiva, pois é a única fêmea da colmeia que atinge a maturidade sexual. A rainha é responsável pela ovoposição de ovos fecundados que darão origem às operárias e de ovos não-fecundados que darão origem aos zangões, além disso, secreta feromônios responsáveis pela cooperação e subordinação das operárias<sup>8,12</sup>.

Os zangões são indivíduos machos, haploides, desprovidos de ferrão e desempenham apenas função reprodutiva em épocas específicas de acasalamento com a rainha. São dotados de olhos compostos mais desenvolvidos e antenas com maior capacidade olfativa para feromônios secretados pelas rainhas virgens. Os zangões morrem logo após conseguirem copular com uma rainha em voo nupcial<sup>12</sup>.

A casta das abelhas operárias é a que desempenha maior número de funções ao longo da vida. Do 1º ao 3º dia após a emergência opercular, as operárias são chamadas de “faxineiras”, pois realizam a limpeza dos favos<sup>12</sup>. Do 4º ao 14º dia são consideradas nutrizes, por alimentarem as larvas e a rainha, com geleia real - uma solução concentrada de alta digestibilidade, rica em carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas, elaborada através de secreções das glândulas hipofaríngeas e mandibulares das abelhas operárias<sup>13</sup>. Essas glândulas atingem o ápice de desenvolvimento entre o 6º e 10º dia após a emergência opercular<sup>14</sup>. Do 15º ao 17º dia são chamadas de “engenheiras”, pois são responsáveis pela construção dos favos, através de glândulas cerígenas, localizadas no abdome; do 18º ao 20º ficam no alvado da colmeia e são responsáveis pela defesa contra pilhagem e predadores; do 21º ao 45º são chamadas de forrageiras e são responsáveis pela coleta e armazenamento de alimento<sup>12</sup>.

### 2.2 Nutrição e comportamento alimentar de *Apis mellifera*

Os estudos mais completos e rigorosos sobre nutrição e comportamento alimentar de *A. mellifera* são oriundos de países que possuem alta tecnificação e longa tradição em apicultura como: China, Argentina e Estados Unidos<sup>15</sup>. A maior parte desses estudos são

conduzidos com a raça *Apis mellifera ligustica* (abelha italiana/europeia), contudo, muitas informações são adaptadas e utilizadas como base para nutrição das abelhas híbridas cultivadas no Brasil (*A. mellifera ligustica* x *A. mellifera scutellata*).

O comportamento alimentar da *A. mellifera* tem relação estreita com sua ontogenia e função social<sup>8</sup>. Durante a fase larval, todas as castas se alimentam de geleia real até o terceiro dia de vida, quando algumas larvas podem ser selecionadas por nutrizes para diferenciar-se em rainhas. As larvas de rainha permanecerão sendo alimentadas exclusivamente com geleia real por toda a vida, enquanto as larvas que darão origem a operárias e zangões são alimentadas com geleia de operária (menos nutritiva), mel e pão de abelha, produtos da desidratação e processamento enzimático do néctar e pólen floral previamente colhido e estocado por operárias forrageiras<sup>16</sup>.

As larvas em desenvolvimento liberam o feromônio de cria, substância volátil capaz de sinalizar quimicamente sua demanda por alimento e cuidados<sup>17</sup>. Em nível de colônia, o feromônio de cria aumenta a taxa de crescimento da população na primavera; e aumenta a coleta de pólen no verão<sup>18</sup>, enquanto fisiologicamente, a presença de cria é necessária para o desenvolvimento e atividade das glândulas hipofaríngeas e síntese de proteínas<sup>19</sup>.

O néctar é a principal fonte de energia para voo, termorregulação e produção de cera das abelhas; enquanto o pólen é sua fonte nutricional de proteínas, gorduras, esteróis e micronutrientes<sup>14</sup>. As abelhas forrageiras também coletam grandes quantidades de água na natureza e através de trofalaxia transferem a água coletada para abelhas nutrizes que a depositam em opérculos abertos ou podem armazená-la dentro de seus corpos, pois possuem grande capacidade de distensão abdominal. A água estocada é utilizada como bebida e também para manter o nível adequado de umidade da colônia e auxiliar na termorregulação em dias quentes<sup>20</sup>.

A força de uma colônia está diretamente ligada a capacidade de ovoposição da rainha, que além de estar relacionada à fatores genéticos também é associada ao seu estado nutricional. A presença de alimento armazenado nos favos também estimula a postura pela rainha. Em condições ambientais favoráveis, uma rainha pode ter postura média de 1500 ovos por dia<sup>21</sup>.

### 2.2.1 Exigência de açúcares

Carboidratos, principalmente açúcares de cadeia curta, são responsáveis por fornecer energia na alimentação das abelhas; aminoácidos livres consumidos em excesso também podem ser aproveitados para o fornecimento energia<sup>22</sup>. A necessidade energética da abelha dependerá da fase de desenvolvimento em que ela se encontra, do tipo de atividade social que ela exerce na colônia, tamanho do enxame, temperatura e pressão barométrica do ambiente<sup>23</sup>.

O néctar é uma substância secretada por glândulas chamadas nectários, localizadas na base das flores. O valor energético do néctar é derivado principalmente de três açúcares simples - sacarose e seus componentes monossacarídeos, glicose e frutose. As proporções desses três açúcares dependem das espécies vegetais das quais o néctar é coletado e a concentração total de açúcar varia entre 10 e 70%. Em geral, as abelhas preferem néctares com concentração de açúcar entre 30 e 50%<sup>24</sup>. As abelhas campeiras coletam o néctar das flores que possui teor elevado de açúcares e umidade, com traços de outras substâncias como minerais, vitaminas, pigmentos, substâncias aromáticas, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados. Quando o néctar é coletado, inicialmente ele é armazenado no inglúvio, onde a enzima invertase é adicionada ao néctar. A invertase converte o néctar, inicialmente uma solução rica em sacarose, em uma solução composta principalmente de frutose e glicose. O néctar pré-digerido é regurgitado e armazenado dentro da colmeia, nos alvéolos dos favos, onde o teor de umidade é reduzido para 13-18% pela manipulação e movimentação constante das asas de abelhas nutrizas. Quando o mel está maduro, as abelhas vedam os opérculos com cera para conserva-lo<sup>25</sup>. Além desses sacarídeos, outros açúcares oriundos de seivas como o  $\alpha$ -metil glicosídeo, maltose, trealose e melezitose também podem ser coletados e possuem valor nutritivo para as abelhas<sup>26</sup>.

Ao contrário das larvas, as abelhas adultas possuem baixos estoques de glicogênio (0,05 a 0,47 mg por operária) e quando precisam de energia (por exemplo, antes dos vôos de forrageamento), as operárias campeiras alimentam-se com açúcares que obtêm das reservas do mel dos favos ou através de trofalaxia com outra abelha operária<sup>27</sup>.

Uma colônia saudável de *A. mellifera ligustica*, na primavera, normalmente possui 40 mil abelhas adultas e cerca de 20 mil crias em diferentes estágios de desenvolvimento, enquanto uma colônia fora da época de postura possui 20 mil abelhas adultas, sem crias<sup>28</sup>. Em média 20% das abelhas adultas são altamente ativas em período de alta postura, entretanto, em função das alterações comportamentais e redução expressiva da

população da colônia em época de entressafra, apenas 5% das abelhas adultas são ativas no período sem cria<sup>29</sup>.

É possível estimar o requerimento diário de glicose de uma colmeia ao considerar a exigência de energia de manutenção nas diferentes fases de desenvolvimento da abelha e também para a realização em média, de 70 mil voos/dia em uma colônia ativa e 2 mil voos/dia em uma colônia de baixa atividade (entressafra/inverno)<sup>30</sup>, sendo que para cada voo a abelha necessita em média de 500 µg de glicose/minuto<sup>31</sup> (TABELA 1).

TABELA 1 - Requerimento de glicose de uma colônia em período de safra e entressafra.

Tipo de abelha/atividade	Período de safra		Período de entressafra	
	Colônia com 40 mil abelhas		Colônia com 20 mil abelhas	
	Abelhas (un)	Glicose (g/dia)	Abelhas (un)	Glicose (g/dia)
Adultas / inativas	32.000	771	19.000	201
Adultas / ativas	8.000	632	1.000	79
Crias	20.000	81	0	0
Voos/ dia	70.000	36	2.000	1
Requerimento total		1521		281

Fonte: Black<sup>28</sup> adaptado

### 2.2.3 Exigência de proteína e aminoácidos

O pólen é a principal fonte proteica na alimentação das abelhas e contém nutrientes necessários para diversas funções fisiológicas. A inclusão de apenas 10% de pólen na alimentação da colônia já é capaz de aumentar em 5% o peso médio da próxima geração de rainhas<sup>32</sup>.

Durante a fase campeira das operárias ocorre expressivo catabolismo endógeno de proteínas devido ao baixo consumo de alimento e grande esforço físico realizado durante os voos, assim, a proteína dietética é essencial para repor perdas e garantir maior longevidade da abelha<sup>22</sup>. Quando retornam da coleta de pólen, as abelhas transferem o conteúdo das corbículas diretamente para os favos.

As células dos favos geralmente já contêm pólen de outras coletas, potencialmente de diferentes fontes florais. Bactérias e enzimas são adicionadas ao pólen durante a coleta e a atividade microbiana pode levar à pré-digestão ou à adição de nutrientes essenciais. As abelhas nutrizas dão continuidade ao processamento do pólen, prensando-o e adicionando mel regurgitado, cujas propriedades antimicrobianas preservam o pólen armazenado. Após a etapa de coleção, processamento e armazenamento o pólen passa a ser chamado de “pão de abelha”,

que possui maior valor nutricional em relação ao pólen de origem. A preferência de consumo é por pão de abelha fresco com três a cinco dias de armazenamento. Ele é preferencialmente estocado em células próximas a células de cria e isso resulta em reservas relativamente pequenas<sup>14</sup>

Em função da grande atividade das glândulas hipofaríngeas das nutrizes de *A. mellifera*, as abelhas, nessa fase da vida, necessitam de grande aporte proteico, por consequência, as nutrizes possuem maior produção de proteases no intestino médio em relação as campeiras. O consumo de pólen por operárias nutrizes aumenta o desenvolvimento de suas glândulas mandibulares e hipofaríngeas, responsáveis pela produção de geleia real<sup>33</sup>.

A coleta de pólen é regulada de acordo com as necessidades do enxame e deve ser proveniente de múltiplas espécies vegetais, para garantir maior variedade de nutrientes que dificilmente o pólen monofloral é capaz de fornecer. As colônias de *A. mellifera* mantêm em média 1 kg de pólen armazenado ao longo do ano, sendo necessário de 13 a 18 kg de pólen por ano para manutenção de um ninho Langstroth com 10 quadros<sup>6</sup>. O comportamento de forrageio generalista (polilético) permite que as colônias se adequem as oportunidades espaciais e sazonais de oferta de alimento, dessa forma, forragear diferentes recursos forais ao mesmo tempo é uma estratégia para manter preventivamente o equilíbrio nutricional, diminuindo a probabilidade de deficiência de nutrientes essenciais em uma dieta diversificada<sup>34</sup>.

Ao elaborar uma dieta para abelhas é muito importante considerar a qualidade da proteína fornecida. Nesse sentido, o correto balanço de aminoácidos é fundamental para o aproveitamento e eficiência da fração proteica. São escassos os estudos sobre aminoácidos na nutrição de abelhas. O aproveitamento dos aminoácidos essenciais pelas abelhas é condicionado a quantidade do aminoácido essencial limitante da dieta, mesmo que todos os outros estejam presentes em maior quantidade. O aminoácido mais escasso nos tipos de pólen coletados por *A. mellifera* é em geral a isoleucina, fator que indica a necessidade de suplementação desse aminoácido<sup>8</sup>.

De Groot<sup>35</sup> realizou extensa pesquisa sobre exigências de aminoácidos para *A. mellifera*, no qual foram estudados dez aminoácidos essenciais considerando o desenvolvimento morfológico adequado da abelha: arginina, histidina, lisina, triptofano, fenilalanina, metionina, treonina, leucina, isoleucina e valina. O autor determinou a exigência de cada aminoácido essencial em relação a quantidade de proteína bruta da dieta (Tabela 2).

Os aminoácidos essenciais são utilizados no metabolismo das abelhas para o crescimento e manutenção dos tecidos e processos reprodutivos. O excesso de aminoácidos

essenciais na alimentação de abelhas pode ter um alto custo metabólico e reduzir o tempo de vida das operárias<sup>36</sup>, assim como também são capazes de evitar alimentos deficientes em aminoácidos essenciais<sup>37</sup>.

A concentração de aminoácidos essenciais presentes na geleia real é, em média, 1,57 vezes maior do que as concentrações sugeridas por De Groot<sup>35</sup> para abelhas em crescimento. A maior discrepância é para a lisina, que em base relativa é em média 43% maior na geleia real, enquanto a proporção relativa de metionina é 19% menor. A proporção dos demais aminoácidos é semelhante<sup>28</sup>.

Através de estudos com diversos níveis proteicos na alimentação de *A. mellifera*, Herbert e Shimanuki<sup>38</sup> observaram que a concentração mínima para estimular o comportamento social adequado em nutrízes, garantindo a alimentação das larvas e oclusão dos opérculos é 23% de proteína bruta na dieta, enquanto que 50% de PB na dieta deprime o comportamento social, inviabilizando a nutrição das larvas.

TABELA 2 - Aminoácidos essenciais e suas exigências na proteína bruta para o desenvolvimento adequado de operárias de *Apis mellifera*

Aminoácidos	% do aminoácido na proteína total*
Leucina	4,5
Isoleucina	4,0
Valina	4,0
Treonina	3,0
Lisina	3,0
Arginina	3,0
Fenilalanina	2,5
Histidina	1,5
Metionina	1,5
Triptofano	1,0
Total de aminoácidos essenciais na PB	28%

\*De acordo com De Groot<sup>35</sup>, adaptado

As exigências proporcionais de aminoácidos preconizadas por De Groot<sup>35</sup> ainda são amplamente utilizadas na literatura científica para a formulação de rações experimentais. Todos os aminoácidos essenciais, além de aminoácidos não essenciais estão presentes na geleia real<sup>39</sup>.

Dietas com baixa quantidade de proteínas resultam em colônias com redução de população a partir da combinação de menor postura de ovos e menor tempo de vida das operárias adultas. Se estão presentes ácaros e patógenos, o declínio da população pode ser

mais grave, pois, a deficiência de proteínas também afeta a resposta imune, acelerando a disseminação de doenças entre as abelhas, assim, o que começa como uma deficiência nutricional pode evoluir para perda da colônia por doença<sup>40</sup>.

#### 2.2.4 Exigência de vitaminas

Tradicionalmente os requerimentos de um nutriente são estabelecidos ao se fornecer diferentes quantidades do nutriente e mensurando a resposta numa variável selecionada, como taxa de crescimento, performance reprodutiva ou longevidade, entretanto existe uma dificuldade muito grande em se utilizar essa metodologia para estabelecer a exigência de minerais para *Apis mellifera* por se tratar de quantidades traço e grande risco de contaminação<sup>28</sup>.

Apesar da necessidade de algumas vitaminas terem sido demonstradas na nutrição de *Apis mellifera*, poucos são os estudos que tentaram quantificar essas necessidades<sup>28</sup>. Krol et al.<sup>41</sup> constatou que rainhas criadas em colônias recebendo xarope de açúcar suplementado com vitamina B1 uma semana antes da enxertia obtiveram peso corporal 11% maior e 6% mais ovários comparadas a rainhas que não receberam suplementação com vitamina B1.

Nation e Robinson<sup>42</sup>, observaram que abelhas nutrizas privadas de inositol são capazes de cuidar das crias da rainha apenas até o 4º dia de vida larval. Herbert e Shimanuki<sup>38</sup> constataram que a taxa de mortalidade de abelhas engaioladas alimentadas com déficit de riboflavina é 60% maior e o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas é três vezes menor aos 20 dias de idade quando comparadas a abelhas alimentadas com pólen. O baixo desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas diminui a habilidade das abelhas nutrizas de produzir alimento larval e geleia real para rainha<sup>43</sup>.

A ausência de tabelas ou guias práticos de nutrição, conteúdo macro e micronutrientes e os ingrediente mais adequados para formulação de rações para abelhas, dificulta a implantação, validação e o aperfeiçoamento de muitas descobertas acadêmicas na área de nutrição de abelhas de produção.

#### 2.3. Escassez de alimento e alimentação artificial

Para estimular a ovoposição em entressafra, os apicultores geralmente realizam duas práticas: deslocar as colmeias para regiões em condições favoráveis, onde se encontre plantações ou vegetação de suporte (apicultura migratória), ou podem estimular

artificialmente suas colmeias com alimentação suplementar, a decisão é econômica, pois, ambas as práticas possuem custos associados. O termo “suplemento” sugere a existência de fonte natural pólen e / ou néctar na área de forrageio das colônias, entretanto é escassa e o apicultor precisa compensar a carência nutricional com suplementos estratégicos<sup>5</sup>.

Suplementos devem conter os nutrientes limitantes na área de forrageio das abelhas<sup>44</sup>. Operárias adultas são fortemente dependentes dos estoques de alimentos nas colônias e não sobrevivem por longos períodos sem alimentação, pois não possuem reservas consideráveis de carboidratos, proteínas ou lipídios em seus corpos<sup>27</sup>.

Abelhas adultas que passam por déficit de glicose antes dos 21 dias de idade possuem tamanho e peso corporal reduzido, especialmente o peso seco do tórax, onde ficam localizados os músculos das asas, por consequência apresentam capacidade de voo reduzida, com tempo de voo em média 62% menor e área de voo reduzida pela metade<sup>45</sup>. O simples fornecimento de xarope de açúcar pode resultar em melhoras consideráveis em alguns parâmetros produtivos dos enxames. Guler et al.<sup>46</sup>, ao comparar o desempenho de abelhas europeias alimentadas com diferentes tipos de açúcar, observaram que colônias alimentadas por dois meses com 100 litros de xarope de sacarose com 60% de concentração, apresentaram aumento de 140% no peso da colmeia, 150% na produção de cera, 30% na população de operárias adultas e aumento de 5% no fluxo de forrageio em comparação a enxames que não receberam suplementação.

As abelhas nutrízes não realizam forrageio, entretanto desenvolveram mecanismos de compensação para reagir às mudanças de oferta de alimento e a demanda de nutrientes das crias, entre eles a canibalização de larvas jovens para obter proteína que será utilizada para alimentar outras larvas em estágios mais avançados de desenvolvimento. Se a escassez de alimento proteico for prolongada a criação de larvas pode tornar-se inviável<sup>47</sup>.

Longos períodos sem forrageio pelas operárias e colheita excessiva de mel das colônias são as principais causas da má nutrição e mortalidade das abelhas e perda dos enxames<sup>6</sup>. No Brasil, dietas experimentais vêm sendo testadas como possíveis substitutos de pólen e mel para suprir as carências nutricionais das abelhas nos períodos de escassez de alimento natural. Ingredientes comumente utilizados em nutrição animal como farelo de soja, farelo de milho, levedura de cerveja e suplementos vitamínicos e minerais apresentam melhores resultados em relação a dietas apenas energéticas para algumas variáveis produtivas e fisiológicas, entretanto, não possuem todas as características para serem considerados alimentos substitutos.

Muitas vezes as dietas avaliadas apresentam baixo consumo, seja pela atratividade dos ingredientes ou pelo tamanho das partículas do alimento, que devem ser menores que 0,5 milímetros para ser ingerido<sup>8</sup>, havendo sempre a necessidade de misturar o componente farináceo ao xarope, mel ou pólen para estimular o consumo. Com intuito de diminuir a rejeição dos alimentos artificiais, Neto et al.<sup>26</sup>, analisaram a influência de 13 tipos de aromatizantes sobre o consumo do xarope fornecido para abelhas, e constataram que xarope de sacarose com essência de marula estimulou o comportamento de aprendizado olfativo e atrai seis vezes mais abelhas que xarope sem aromatizante.

Turcatto<sup>9</sup>, testou três dietas suplementares para abelhas em período de entressafra apícola e analisou consumo, título de proteína bruta na hemolinfa e área de cria: a primeira dieta a base de farelo de soja, farelo de arroz e levedura de cana obteve 74% de aceitação; a segunda dieta a base de farelo de soja e milho obteve apenas 40% de aceitação enquanto a terceira dieta a base quinoa apenas 28%; todas as dietas foram capazes de estimular a síntese de proteína total na hemolinfa a níveis normais, entretanto nenhuma das dietas foi capaz de aumentar a área de postura da rainha.

Muitas dietas formuladas a partir de ingredientes de alto valor nutricional desempenham resultados satisfatórios em nível fisiológico e morfológico da abelha, entretanto, algumas tendências parecem não se confirmar a nível de colônia, em função de interações ambientais e hormonais entre a rainha e as operárias ainda pouco elucidadas<sup>14</sup>. Lima et al.<sup>48</sup>, forneceram dietas a base de albumina e farelo de soja para abelhas africanizadas e constataram maior aproveitamento da albumina em relação ao farelo de soja, resultando em consumo 55% menor para o suplemento de albumina e apesar de ambos evitarem enxameação, não houve efeito estimulante dos suplementos sobre a área de cria em relação a enxames que não receberam nenhuma suplementação.

Suplementos minerais utilizados para bovinos foram testados para abelhas, sendo acrescentados em dietas proteicas em níveis entre 1 a 8%, mas mostraram-se inadequados para abelhas adultas, pois, em geral essas misturas carecem de potássio e contêm cálcio e sódio em excesso. Testes de alimentação indicaram que uma dieta contendo 1% de cinzas pode ser o mais adequado, embora dietas contendo até 3% de cinzas não afetou seriamente o desempenho de crias, já dietas com mais de 8% de cinzas reduziram drasticamente o desenvolvimento de crias, inviabilizando o processo completo de metamorfose<sup>8</sup>. O uso crescente de suplementos para nutrição animal como Promotor L® e outros produtos semelhantes, não designados para abelhas, na alimentação de *Apis mellifera* na Europa,

Oceania e América expõe a necessidade de comprovação da eficácia desses produtos para a apicultura.

As dietas artificiais devem evitar alguns componentes tóxicos para *Apis mellifera* como açúcares de origem animal e vegetal que não são absorvidos pelo intestino das abelhas, entre eles: lactose, galactose, estaquiose, rafinose e pectinas, além de fatores antinutricionais como os inibidores de proteases. Também não devem conter mais que 2% de amido, pois carboidratos de cadeia média e longa dificilmente são quebrados pelas enzimas digestivas das abelhas<sup>28</sup>. Outra substância tóxica para as abelhas é hidroximetilfurfural (HMF), produto da desidratação ácida de hexoses, principalmente a frutose. Ela é formada em mel e xarope de sacarose como resultado de tratamento térmico ou armazenamento prolongado. Alto nível de HMF pode ser formado na preparação inadequada de xarope de açúcar invertido<sup>6</sup>.

A suplementação apenas energética no período de baixa oferta floral é capaz de estimular a postura de novas crias, aumentando numericamente o enxame, porém, não é suficiente para garantir o desenvolvimento adequado das mesmas, acarretando um enxame fraco com baixa produção e capacidade reduzida de persistência à escassez de alimento<sup>49</sup>.

Poucas pesquisas foram realizadas especificamente com o uso de suplementos comerciais ou aminoácidos essenciais adicionados ao xarope de sacarose fornecido em época de entressafra. Assim, este estudo tem como objetivo verificar o efeito do uso de Promotor L® ou aminoácidos essenciais em diferentes proporções sobre aspectos produtivos e fisiológicos de *A. mellifera*.

## REFERENCIAS

1. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais – IBAMA. Efeito dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres do Brasil. Brasília, 2012. 88p.
2. Giannini TC, Cordeiro GD, Freitas BM, Saraiva AM, Imperatriz-Fonseca VL. The Dependence of Crops for Pollinators and the Economic Value of Pollination in Brazil. *Journal of economic entomology*, College Park MD, 2015: 1-9.
3. Santos CS, Ribeiro AS. Apicultura uma alternativa na busca do desenvolvimento sustentável. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa*. 2009; 4(3): 01-06.
4. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Produção da pecuária municipal. 2015; Brasil: 43-49.
5. Serviço de apoio brasileiro à micro e pequenas empresas - Sebrae. Apicultura: Manual do agente de desenvolvimento rural. Brasília, 2007; 2ª ed. Rev. 186p.
6. Brodschneider R, Crailsheim K. 2010. Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*. 2010; 41: 278-294.
7. Simeão CMG, Silveira FA, Sampaio IBM, Bastos EMAF. Pollen analysis of honey and pollen collected by *Apis mellifera linnaeus*, 1758 (Hymenoptera, Apidae), in a mixed environment of *Eucalyptus* plantation and native cerrado in Southeastern Brazil. *Braz. J. Biol.*, 2015; 75(04): 821-829.
8. Somerville D. Fat bees skinny bees – a manual on honey bee nutrition for beekeepers. NSW Department of Primary Industries. 2005; 05(54):1-150.
9. Turcatto AP. Desenvolvimento e análise do efeito de dietas proteicas como suplementação nutricional para abelhas *Apis mellifera*. [Dissertação] USP. Ribeirão Preto. 2011.
10. Raad RS. Alimentação dos enxames com uso de ração proteica seca Coapivac e líquida estimulante. Relatório técnico Coapivac. 2002; 1-5.
11. Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária – EMBRAPA. Aspectos morfológicos das abelhas *Apis mellifera*. Sistemas de produção: produção de mel. Versão eletrônica. 2003. Acessado em 23/04/2019. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio\\_sisal/arvore/CONT000fckg3dhh02wx5eo0a2ndxytqx96jy.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_sisal/arvore/CONT000fckg3dhh02wx5eo0a2ndxytqx96jy.html)>
12. Ramos JM; Carvalho NC. Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. *Revista científica eletrônica de engenharia florestal*. 2007; 4(10).
13. Pereira FM. Desenvolvimento de ração protéica para abelhas *Apis mellifera* utilizando produtos regionais do nordeste brasileiro [Tese]. Universidade Federal do Ceará; 2005.

14. Wright GA, Nicolson SW, Shafir S. Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. *Annu. Rev. Entomol.* 2018; 63:327-344.
15. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - Sebrae. Boletim Setorial do agronegócio: apicultura. 2011:1-15.
16. Souza DC. Apicultura: Manual do agente de desenvolvimento rural. Sebrae. 2<sup>a</sup> ed. Rev. 186p. Brasília. 2007
17. Pankiw T. Brood pheromone modulation of pollen forager turnaround time in the honey bee (*Apis mellifera* L.) in Effect of Brood Pheromone on Survival and Nutrient Intake of African Honey Bees (*Apis mellifera scutellata*) under Controlled Conditions. *J ChemEcol.* 2007.
18. Pankiw T, Sagili RR, Metz BN. Brood pheromone effects on colony protein supplement consumption and growth in the honey bee (hymenoptera: Apidae) in a subtropical winter climate. *J EconEntomol.* 2008; 101:1749.
19. Hrassnigg N, Crailsheim K. Adaptation of hypopharyngeal gland development to the brood status of honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. *J Insect Physiol.* 1998; 44:929–939.
20. Ostwald MM, Smith ML, Seeley TD. The behavioral regulation of thirst, water collection and water storage in honeybee colonies. *Journal of Experimental Biology* 2016; 219, 2156-2165.
21. Moeller FE Relation between egg-laying capacity of queen bees and population and honey of their colonies. In Substituição artificial de rainhas pelo método de divisão vertical de colônias de abelhas *Apis mellifera*. Moretto G. Mensagem doce, Apacame, 2007; 93
22. Crailsheim, K. Dependence of protein metabolism on age and season in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollm.). *Journal of Insect Physiology.* 1986; 32:629-634.
23. Withers PC. The effect of ambient air pressure on oxygen consumption of resting and hovering honeybees. *Journal of Comparative Physiology.* 1981; 141:433-437.
24. Nicolson SW, Thornburg RW. Nectar chemistry. In *Nectar and Nectaries*, ed. Nicolson SW, Nepi M, Pacini E. Dordrecht, Neth. Springer. 2007.
25. Somerville D. Honey bee nutrition and supplementary feeding. *Agnote.* NSW agriculture. 2000.
26. Neto AIP, Silva RA, Silva SS, Sousa JS, Andrade ABA. Influência de essências na alimentação artificial energética na atratividade de Abelhas *Apis mellifera*. *Revista Verde*, v.10, n.3, p 47 - 52, 2015.
27. Hrassnigg N, Brodschneider R, Fleischmann PH, Crailsheim K. Unlike nectar foragers, honeybee drones (*Apis mellifera*) are not able to utilize starch as fuel for flight, *Apidologie.* 2005; 36, 547–557.

28. Black J. Honeybee Nutrition: Review of research and practices. Rural Industries Research and Development Corporation. 2006; 06(052): 1-79.
29. Starks PT, Gilley DC. Heat shielding: A novel method of colonial thermoregulation in honey bees. *Naturwissenschaften*. 1999; 86:438-440.
30. Szabo TI. Effect of weather factors on honeybee flight activity and colony weight gain. *Journal of Apicultural Research*. 1980; 19:164-171.
31. Gmeinbauer R, Crailsheim K. Glucose utilization during flight of honeybee (*Apis mellifera*) workers, drones and queens. *Journal of Insect Physiology*. 1993; 39: 959-967.
32. Pereira DS; Paiva CS; Coelho WAS; Maracajá PB; Silva AF. Peso de rainhas virgens africanizadas produzidas em colônias submetidas a diferentes suplementações alimentares em Mossoró-RN, Brasil. *ACTA Apicola Brasílica*. (Pombal - PB). 2015; 03(1): 18 – 24.
33. Moritz B, Crailsheim K. 1987. Physiology of protein digestion in the midgut of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *J. Insect Physiol.* 33:923–31
34. Hendriksman HP, Shafir S. Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. *Behav Ecol Sociobiol*. 2016; 70:509–517.
35. De Groot AP. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.). *Physiologia comp. Oecol*. 1953; 3:197-285.
36. Paoli, P, Donley D, Stabler D, Nath A, Nicolson SW, Simpson SJ, Wright GA. Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino Acids*. 2014; 46 (6): 1449–1458.
37. Toshima N, Tanimura T. Taste preference for amino acids is dependent on internal nutritional state in *Drosophila melanogaster*. *J. Exp. Biol.* 2012; 215: 2827– 2832.
38. Herbert EW, Shimanuki H. Brood rearing capacity of caged honeybees fed synthetic diets. *Journal of Apicultural Research*. 1977; 16:150-153.
39. Howe SR, Dimick PS, Benton. AW. Composition of Freshly Harvested and Commercial Royal Jelly. *Journal of Apicultural Research*. 1985.
40. DeGrandi-Hoffman G, Chen Y, Huang E, Huang MH. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honeybees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. 2010; 56: 1184–1191.
41. Krol A, Hartwig A, Topolska G. Quality of queens reared in colonies receiving sugar supplemented with vitamin B1. *Pszczelnicze-Zeszyty-Naukowe*. 1992; 36: 32-40
42. Nation JL, Robinson FA. Brood rearing by caged honeybees in response to inositol and certain pollen fractions in their diet. *Annals of the Entomological Society of America* 1968; 61:514-517.

43. Landim CC. Abelhas - Morfologia e função de sistemas. Ed Unesp. São Paulo. p. 320-328, 2009.
44. Crailsheim, K. Hrassnigg, N. Leonhard, B. Free amino acids in the haemolymph of honeybee queens (*Apis mellifera* L.). *Agris*, FAO. 2000; 31: 648-649.
45. Brodschneider R, Riessberger-Gallé U, Crailsheim K. Flight performance of artificially reared honeybees (*Apis mellifera*), *Apidologie*. 2009; 40: 441–449.
46. Guler A, Ekinçi D, Biyik S, Garipoglu AV, Onder H. Effects of feeding honey bees (hymenoptera: apidae) with industrial sugars produced by plants using different photosynthetic cycles (carbon C3 and C4) on the colony wintering ability, lifespan, and forage behavior. *Journal of Economic Entomology*, 2018; 111(5).
47. 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.* 2002; 51: 415–425.
48. Lima MV, Silva VT, Soares KO, Rodrigues AE, Características reprodutivas das colônias de abelhas *Apis mellifera* submetidas a alimentação artificial. *Agropecuária Científica no Semiárido*. 2015; 11(4): 97-104.
49. Lengler S, Alves EM, Kiefer C, Castagnino GLB. Efeitos da alimentação energética, açúcar invertido e energético-proteica, açúcares e farinha láctea no desenvolvimento e produção de mel em núcleos de abelhas africanizadas. *Mensagem Doce*. 2000; 55.

## CAPITULO 2. ÁREA DE CRIA OPERCULADA E PRODUÇÃO DE MEL EM COLMEIAS SUPLEMENTADAS COM XAROPE CONTENDO VITAMINAS E AMINOÁCIDOS

### RESUMO

A realização do presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da adição de aminoácidos e vitaminas em suplementos a base de xarope de sacarose para abelhas *Apis mellifera* em período de entressafra apícola. Foram utilizadas 16 colmeias acondicionadas em caixas apícolas de padrão Langstroth. Todos os suplementos foram elaborados com xarope de sacarose 50%, sendo os tratamentos: T1- xarope de sacarose; T2 - xarope de sacarose com adição de 0,5% de suplemento aminoácido/vitamínico comercial (Promotor L®), T3- xarope de sacarose com adição de 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* e T4 - xarope de sacarose com adição de 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. A suplementação foi realizada no período de abril a agosto, sendo que o apiário estava na região de Goiás. As variáveis analisadas foram área de cria operculada e produção de mel em safra apícola. A mensuração da área de cria operculada foi realizada mensalmente e a colheita de mel foi realizada no mês de outubro. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Observou-se diferença entre os tratamentos sobre a área de cria operculada, com resultados positivos para xarope com adição de Promotor L® e xarope com adição de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera*. Houve diferença para a produção de mel com melhores resultados para o suplemento com Promotor L® e suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera*. A relação custo/benefício indicou maior vantagem econômica para o suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera*. Pode-se concluir que o suplemento com Promotor L® e o suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera* foram melhores, já que aumentaram a população média dos enxames, reduziram casos de enxameamento e aumentaram a produção de mel. Considerando o custo/benefício para essas condições pode-se recomendar o uso de suplemento com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera*.

**Palavras chave:** abelhas, custo/benefício, proteínas, entressafra

## CHAPTER 2. CAPPED BROOD AREA AND HONEY PRODUCTION IN BEEHIVES SUPPLEMENTED WITH SYRUP CONTAINING AMINO ACID AND VITAMINS.

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the addition of amino acids and vitamins on sucrose syrup to *Apis mellifera* in floral off-season condition. The experiment was conducted at the Experimental Apiary of Universidade Federal de Goiás in Goiânia. Sixteen Langstroth's beehives were used. All supplements were made with 50% sucrose syrup, being the treatments: T1- sucrose syrup exclusively; T2- sucrose syrup with 0.5% commercial amino acid / vitamin supplement (Promotor L®); T3- sucrose syrup with 0.5% essential amino acids in proportion of *A. mellifera* requirements and T4 - sucrose syrup with 0.5% essential amino acids in proportion of royal jelly. The experimental design was completely randomized, with four treatments and four repetitions for each treatment. The analyzed variables were the capped brood area and the honey production in the flower season. The measurement of the breeding area was performed monthly during April to August. The honey harvest was carried out in October. The data were submitted to analysis of variance, through the SAS software, and the means compared by the Tukey test. Statistical difference ( $P < 0.05$ ) was observed between the treatments on the breeding area, with positive results for T2 and T3. There was statistical difference for the production of honey with better results for the supplement with Promotor L® (T2) and supplement with essential amino acids in proportion of *A. mellifera* requirements (T3). The cost / benefit ratio showed economic advantage for T3. Sucrose syrup with 0.5% of Promotor L® and sucrose syrup with the 0.5% of essential amino acids in proportion of *A. mellifera* requirements were better, considering that they increased the average population of the hives, reduced cases of swarming and increased the honey production. Considering the cost / benefit for these conditions, it is recommended to use supplement with essential amino acids in proportions of *A. mellifera* requirements.

**Keywords:** bees, cost / benefit, off-season, protein.

## 1. INTRODUÇÃO

O desempenho da atividade apícola está diretamente relacionado às espécies vegetais presentes na região, assim como sua frequência, distribuição e época de floração. Um aspecto importante a ser avaliado na implantação de um apiário é a capacidade de suporte da área, definida como o número máximo de colônias que podem ser instaladas em uma determinada área, sem que haja comprometimento da produção e/ou sobrevivência dos enxames, levando-se em consideração o raio de forrageamento das abelhas campeiras<sup>1</sup>.

A saturação do pasto apícola é um problema que atinge áreas com baixa frequência de espécies vegetais, pois gera competição por alimento entre as abelhas, o que estimula a pilhagem e enxameamento das colmeias, comprometendo a produção do apiário<sup>2</sup>. É importante que na área de suporte do apiário ocorra grande variedade de plantas de interesse apícola, com objetivo de reduzir os intervalos de baixa oferta de alimento. Entretanto, ocorrem intervalos de estiagem nos quais a disponibilidade por pólen e néctar pode não ser nutricionalmente adequada para sobrevivência de enxames populosos e, portanto, se faz necessário o uso de alimentação artificial para a manutenção das colônias<sup>3</sup>.

A alimentação artificial tem como objetivo aumentar a longevidade das abelhas adultas, para que possam coletar mais alimento natural e estimular a ovoposição pela rainha, aumentando a população da colmeia. Muitos ingredientes já foram testados em formulações de dietas para as abelhas, porém muitos deles não apresentam resultados satisfatórios sobre a manutenção de postura da rainha. A dieta composta por pólen apícola juntamente com ingredientes farináceos tem sido amplamente utilizada na alimentação de abelhas, entretanto o uso do pólen é economicamente inviável para muitos apicultores<sup>4</sup>.

Os alimentos convencionalmente utilizados como farelo de soja finamente moído para formular suplementos de manutenção para abelhas ou para aumentar a produção da rainha, contêm 30,3% de polissacarídeos não amiláceos (PNAs), como a rafinose e estaquiose, que em função da natureza das ligações das moléculas de açúcar, são resistentes à hidrólise no trato digestório das abelhas. Além disso, o farelo de soja contém inibidores de tripsina que dificultam a absorção de proteínas pelo intestino<sup>5</sup>. Outro ingrediente bastante utilizado é o milho, que contém cerca de 8,1% de PNAs e cadeias longas de amido que possuem digestão lenta e metabolicamente onerosa<sup>6</sup>. A soma desses fatores em uma dieta, limita o aproveitamento dos nutrientes e a atratividade do ingrediente pela abelha, o que pode tornar inviável a utilização desse alimento para abelhas.

Uma alternativa bastante utilizada por apicultores é o fornecimento de xarope de sacarose invés de dietas contendo ingredientes farináceos. De acordo com Guler et al.<sup>7</sup>, o fornecimento de xarope de sacarose auxilia na manutenção da atividade de polinização e produção de cera. Também o fornecimento de suplementos aminoácido-vitamínicos associados ao xarope, têm sido amplamente utilizados na apicultura comercial na última década, no intuito de otimizar a nutrição de crias, aumentar a população de abelhas adultas, produção de mel, resposta imunológica e outros fatores que contribuem para a manutenção da saúde e produção da colônia<sup>8</sup>.

No Brasil, um dos principais suplementos aminoácido-vitamínico adotado pelos apicultores é o Promotor L®, entretanto, ainda foi pouco testado com rigor científico e não possui consenso no meio acadêmico sobre sua eficácia na melhoria de parâmetros como: área de cria<sup>9,10</sup>, produção de rainhas<sup>11</sup> e produção de geleia real<sup>12</sup>, além disso, não há concordância sobre o nível de inclusão do produto no xarope. Estudos recentes têm demonstrado que a inclusão de aminoácidos essenciais em xarope de sacarose é capaz de modular o comportamento de aprendizado gustativo das abelhas, fazendo-as rejeitar ou aumentar o consumo de xarope<sup>13</sup>, além de ser capaz de aumentar a sobrevivência de abelhas, mesmo em concentrações muito baixas, se comparadas às fontes naturais de proteínas como o pólen<sup>14</sup>.

Outro fator a ser considerado é a relação custo/benefício da inclusão das dietas artificiais no período de pouca floração. No centro-oeste brasileiro, um longo período de seca precede as florações principais de interesse apícola, e dependendo do ano, esse período pode levar mais de cinco meses.

Objetivou-se com este estudo, verificar o efeito de suplemento à base de xarope de sacarose contendo Promotor L® e suplementos à base de xarope com aminoácidos essenciais sobre a área de cria operculada ao longo de quatro meses de entressafra, e a produção de mel de colônias de *A. mellifera*, levando em consideração o regime de floração da área de suporte do apiário e a avaliação econômica dos suplementos utilizados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1.1 – Local, animais e delineamento experimental:

Para experimentação com insetos não foi necessária aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais/CEUA. O experimento foi conduzido no apiário experimental do Setor de Apicultura da Escola de Veterinária e Zootecnia da UFG, Campus Samambaia, altitude de 710 m, latitude S 16° 35' 33" e longitude O 49° 16' 51" Goiânia/GO. Clima predominante: Tropical savânico (*Aw*). O apiário encontra-se em região de mata, onde as caixas de enxames foram mantidas sobre cavaletes de metal, com distância de 2 m entre si e dispostos em duas fileiras paralelas com 4 m de distância entre fileiras. Cada fileira possuía 20 cavaletes.

Foram utilizados 16 enxames de abelhas europeias africanizadas, obtidas em capturas urbanas, acondicionadas em caixas apícolas de padrão Langstroth, distribuídas entre as duas fileiras de cavaletes. O delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições por tratamento, sendo que cada enxame representou uma unidade experimental.

O experimento foi conduzido entre os meses de abril e outubro de 2018, abrangendo o período de início da floração de plantas com menor expressão. A florada chegou no ápice entre os meses de julho e novembro. O período de alimentação compreendeu majoritariamente o período de seca na região com temperaturas médias entre 20,2 e 24,9 °C<sup>15</sup> (Tabela 1). O fornecimento de suplemento teve início no mês de abril e encerrou-se na metade de julho, época onde não há necessidade de suplementação. As colheitas de mel ocorreram ao longo de setembro e na primeira semana de outubro.

TABELA 1 - Temperatura média e índice pluviométrico nos meses de abril a outubro no município de Goiânia em 2018.

	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Temperatura média (°C)	22	20,4	20,2	22	24,1	24,9	24,4
Pluviometria (mm)	111	27	6	5	15	44	146




Fonte: Climate-Data<sup>15</sup>

A área de forrageio das abelhas foi delimitada em 2km de raio a partir do ponto central do apiário, que por meio do calendário fenológico da área de suporte foram

identificadas quais espécies vegetais provavelmente disponibilizariam alimento natural no período experimental (Quadro 1).

QUADRO 1 - Calendário fenológico do apiário da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás.




Nome comum	Nome científico	Meses de floração											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Acácia Rosa	<i>Cassia grandis</i>												
Açaita-cavalo	<i>Luehea divaricata</i>												
Glirícidia	<i>Gliricidia sepium</i>												
Angico	<i>Anadenanthera macrocarpa</i>												
Pimenteira	<i>Schinus terebinthifolius</i>												
Cagaita	<i>Stenocalyx dysentericus</i>												
Cajueiro	<i>Anacardium occidentale</i>												
Capitão	<i>Terminalia glabrescens</i>												
Carvoeiro	<i>Tachigali paniculata</i>												
Cássia Imperial	<i>Cassia fistula</i>												
Cuspidária	<i>Cuspidaria convoluta</i>												
Cipó uva	<i>Serjania reticulata</i>												
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffi</i>												
Eucalipto	<i>Eucalyptus critriodoria</i> cf.												
Garapa	<i>Apuleia leiocarpa</i>												
Hirtella	<i>Hirtella gracilipes</i>												
Ingá	<i>Ingá uruguensis</i>												
Ipê Branco	<i>Tabebuia róseo alba</i>												
Ipê Rosa	<i>Tabebuia pentaphylla</i>												
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>												
Lanterneiro	<i>Lophantera lactescens</i>												
Mangaba	<i>Harconia speciosa</i>												
Maria pobre	<i>Dilodendrom bipinatum</i>												
Flor do mel	<i>Tithonia diversifolia</i>												
Mulungu	<i>Erythrina mulungu</i>												
Muntingia	<i>Muntingia calabura</i>												

Legenda - pólen: , néctar: , resina: .

Fonte: Siqueira et al.<sup>16</sup>.

QUADRO 1 - Calendário fenológico do apiário da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (continuação).

Nome comum	Nome científico	Meses de floração											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Murici	<i>Byrsonima crassifolia</i>												
Paineira	<i>Ceiba speciosa</i>												
Pata-de-vaca	<i>Bauhinia sp</i>												
Pau jacaré	<i>Piptadenia gonoachanta</i>												
Pau Brasil	<i>Caesalpinia echinata</i>												
Pequi	<i>Caryocar brasiliense</i>												
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i>												
Protium	<i>Protium heptaphyllum</i>												
Quaresmeira	<i>Tibouchina sp</i>												
Saboneteira	<i>Sapindus saponária</i>												
Sangra d'água	<i>Croton floribundus</i>												
Sibipiruna	<i>Poincianella pluviosa</i>												
Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>												
Sucupira	<i>Bowdichia virgilioides</i>												
Vigna	<i>Vigna sp.</i>												
Tamboril	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>												
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>												

Legenda - pólen: , néctar: , resina: .  
Fonte: Siqueira et al.<sup>16</sup>.

### 2.1.2 – Tratamentos e dietas experimentais:

A base de todos suplementos estudados foi a mesma, composta pela mistura em partes iguais de água potável e açúcar cristal na relação peso/peso. A mistura foi aquecida até a completa diluição do açúcar, sem permitir que a água entrasse em temperatura de ebulição, e em seguida acrescentou-se o suplemento comercial ou os aminoácidos essenciais, agitando até a completa homogeneização. Os tratamentos estudados foram:

- Suplemento 1: Xarope de água com 50% de sacarose;
- Suplemento 2: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de Promotor L®;
- Suplemento 3: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de solução de aminoácidos essenciais nas proporções de sua exigência;
- Suplemento 4: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de solução de aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real de *A. mellifera*.

O produto comercial Promotor L® é produzido pela CEVA – Saúde animal LTDA, se apresenta em forma líquida e possui 15% de proteína bruta, assim sendo, todos os tratamentos contendo aminoácidos foram isoproteicos. A quantidade de inclusão do Promotor L® (0,5%) corresponde a recomendação do fabricante (5ml/L de xarope de sacarose). Os aminoácidos utilizados foram adquiridos através do laboratório Labsynth® com pureza superior a 98% e isomeria L. O valor energético do xarope de sacarose foi 1.934,3kcal/kg de xarope. O suplemento de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* está de acordo com os valores definidos por De Groot<sup>17</sup> e o suplemento de aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real de *A. mellifera*, de acordo com os valores encontrados por Howe e Dimick<sup>18</sup>. (Tabela 2).

TABELA 2 - Composição dos suplementos com Promotor L®; aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* e aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real.

Nutriente	Concentração (mg/kg de xarope)		
	Promotor L®	Aminoácidos essenciais exigência <i>A. mellifera</i> *	Aminoácidos essenciais geleia real**
Leucina	53,2	132,83	132,00
Isoleucina	34,2	117,98	89,93
Valina	15,3	117,98	107,25
Treonina	0,01	88,28	79,20
Lisina	46,4	88,28	130,35
Arginina	52,5	88,28	100,65
Fenilalanina	35,4	73,43	84,98
Histidina	9,2	44,55	52,80
Metionina	11,0	44,55	27,23
Triptofano	-	29,70	20,63
Ácido Aspártico	61,1	-	-
Ácido Glutâmico	108,8	-	-
Alanina	45,2	-	-
Cistina	28,1	-	-
Glicina	62,9	-	-
Tirosina	18,9	-	-
Prolina	6,9	-	-
Serina	73,3	-	-
Ác. Pantotênico	45,8	-	-
Biotina	0,01	-	-
Inositol	15,3	-	-
Nicotinamida	99,3	-	-
Vitamina B1	10,7	-	-
Vitamina B2	15,3	-	-
Vitamina B6	6,9	-	-
Proteína bruta	0,1%	0,1%	0,1%

\*Segundo De Groot<sup>17</sup>

\*\*Segundo Howe e Dimick<sup>18</sup>

### 2.1.3 – Manejo experimental

Para evitar rejeição e desperdício das dietas, os enxames passaram por um período de adaptação alimentar, no qual os suplementos foram fornecidos na quantidade de um litro por colônia durante as duas primeiras semanas do período de alimentação; dois litros durante a terceira e quarta semana; três litros durante a quinta e a sexta semana e quatro litros até o final do período de alimentação.

Os suplementos foram fornecidos semanalmente, os quais foram preparados no dia anterior ao seu fornecimento, sendo armazenados em galões plásticos. Para o fornecimento, foram utilizados bebedouros plásticos de pintinho, que foram introduzidos dentro das caixas apícolas, nos sobre-ninhos, sem a presença de quadros. Os bebedouros foram abastecidos semanalmente para evitar fermentação do xarope. A limpeza e troca dos bebedouros foi realizada mensalmente, ou quando necessário.

Todas as caixas possuíam cobertura contra chuva, feita de tonel de aço. Após o período de alimentação, o sobre-ninho e os comedouros foram retirados e foi acrescentado na última semana de agosto, uma melgueira com 10 quadros contendo cera alveolada para cada caixa. A colheita de mel foi realizada na primavera.

### 2.1.4 – Variáveis estudadas

Para mensuração da área de cria operculada foram realizadas mensalmente cinco vistorias nos ninhos de todas as caixas, e os quadros que continham crias operculadas foram fotografados. Esse procedimento foi realizado no primeiro dia do período experimental, para verificar a condição inicial dos enxames antes do fornecimento de alimento artificial, e repetido durante três meses de suplementação alimentar e um mês para avaliação de efeito residual. Os alvéolos que continham larvas jovens desoperculadas ou zangões, não foram contabilizados. As imagens dos favos foram analisadas com o auxílio do software ImageJ para mensuração de área de cria operculada em  $\text{cm}^2$ , usando-se a espessura das bordas nos quadros Langstroth (1cm) como referência de proporção.

A produção de mel foi avaliada considerando-se três colheitas, realizadas entre os meses de setembro e outubro. Para evitar consumo do mel pelas abelhas, os quadros selecionados nas melgueiras deviam conter mais da metade dos alvéolos preenchidos com mel, independentemente de estar totalmente operculado, se o quadro não atendesse a essa condição, o mel não era colhido. Não foi colhido mel dos ninhos e as colheitas foram feitas no

auge da floração de grande parte das espécies vegetais da área de suporte. O mel de cada enxame foi processado, envasado e pesado separadamente.

Para a avaliação econômica foi realizado o controle de custos com insumos diretamente associados ao fornecimento da alimentação artificial durante todo o período experimental, bem como a receita obtida pela venda do mel. Todos os custos e rendimentos foram contabilizados em planilha de software Excel. Para o cálculo de custo total por suplemento, foram considerados os custos fixos de produção: açúcar, aminoácidos e o produto comercial. Para o cálculo da receita bruta foi considerado o preço do kg de mel vendido em varejo e o preço do kg de mel pago por entreposto da região. A receita líquida foi obtida pela diferença entre a receita bruta e o custo total de cada tratamento. A relação custo benefício é um fator obtido através da divisão da receita bruta pelo custo de produção.

#### 2.1.5 – Análise estatística:

Para a variável de área de cria operculada foi utilizada análise de variância com parcelas subdivididas no tempo e as médias, quando estatisticamente diferentes a 5% de significância, foram comparadas pelo Teste de Tukey. Para produção de mel foi realizado o teste de Kruskal-Wallis, e as comparações múltiplas de médias feitas a um grau de 5% de significância. Ambas as análises foram feitas por meio do programa estatístico R.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados nos diferentes meses estudados (maio, junho, julho e agosto) da suplementação sobre a área de cria operculada, estão apresentados na Tabela 3. No mês de abril, antes do início do período experimental, observar-se a condição semelhante da área de cria operculada para todas os grupos experimentais. Não houve diferença entre os meses de maio a junho, apesar da crescente floração em maio<sup>16</sup>.

Os resultados da área de cria operculada observados em todos os tratamentos, no mês de maio, são reflexos da baixa disponibilidade de alimento natural no mês de abril, com apenas setes espécies vegetais em floração na área de suporte do apiário<sup>16</sup>, resultando em baixa postura pela rainha em todos os tratamentos. O tratamento contendo apenas xarope de sacarose apresentou redução muito acentuada, embora a análise estatística não detectou diferença significativa entre os tratamentos, esse fato pode ser devido ao alto coeficiente de variação observado nessa variável. Embora não significativo, no mês de julho os enxames

alimentados com suplemento de sacarose contendo Promotor L® aumentaram em 36% a área de cria em relação a junho e os enxames alimentados com suplemento de sacarose contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera* aumentaram a área de cria em 20%.

Para o período de maio a agosto, pode-se observar que a alimentação com o suplemento contendo apenas sacarose e sacarose com aminoácidos essenciais na proporção da geleia real, não aumentaram a área de cria operculada. Embora os tratamentos não tenham proporcionado aumento no desempenho de postura, pode-se sugerir que os três tratamentos foram capazes de manter estável o tamanho das populações dos enxames, ao longo do período de suplementação.

No entanto, os tratamentos com suplemento de xarope de sacarose e xarope de sacarose contendo aminoácidos na proporção da geleia real apresentaram sinais de enxameamento, com poucas abelhas adultas e surgimento de traças da cera (*Achroia grisella*) nos favos, o que resultou no colapso de duas colmeias alimentadas dos tratamentos com suplementos de sacarose e uma colmeia do tratamento do suplemento de aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real, na terceira semana de julho, mesmo com oferta crescente de alimento natural. A perda de enxames na entressafra, não deve ultrapassar 20% do total de caixas, caso contrário poderá comprometer a rentabilidade do apiário<sup>19</sup>.

A perda de um enxame pode ocorrer por diversos fatores, entre os mais comuns, está a má nutrição do enxame associado ao aparecimento de pragas. A falta prolongada de alimento faz a rainha e as abelhas campeiras abandonarem a colmeia em busca de locais com maior oferta de alimento, além disso, uma colônia com poucas abelhas propicia o aparecimento de pragas oportunistas como a traça da cera que têm facilidade de acomodação em enxames com baixa densidade populacional. As traças se reproduzem nos favos de cera e acabam “expulsando” o enxame com o passar o tempo<sup>20</sup>.

Por outro lado, neste estudo não foi possível concluir que a ausência de qualquer tipo de suplementação nas colônias poderia ter acarretado redução significativa da área de cria operculada, ao longo dos meses da entressafra. Salomé<sup>10</sup>, ao comparar o desempenho entre enxames que não receberam nenhum tipo de alimento artificial e enxames que receberam xarope de sacarose contendo 15mL de Promotor L® por litro no período de abril a agosto, em bioma de mata atlântica, verificou que a área de cria aberta foi 124% maior no mês de agosto para os enxames que receberam a suplementação em relação aos enxames que não foram suplementados.

Os suplementos de sacarose contendo Promotor L® ou aminoácidos essenciais nas proporções das exigências, de *A. mellifera*, foram capazes de aumentar a área de cria ao longo dos meses de suplementação, não reduziram a população de abelhas nas colônias no período de abril a junho, e aumentaram a postura das rainhas nos meses de julho e agosto. A grande quantidade de cria operculada verificada em julho para ambos tratamentos, provavelmente acarretou em maior população de abelhas campeiras em agosto, possibilitando maior coleta e armazenamento de alimentos naturais nas colmeias, induzindo o aumento de postura pelas rainhas no mês de agosto, e propiciando o melhor aproveitamento das florações principais em setembro. De acordo com Souza<sup>19</sup>, para induzir o aumento da população das colmeias e maximizar aproveitamento da florada principal na primavera, é necessário fazer uso de alimento artificial estimulante pelo menos 40 dias antes da safra.

As pupas que se encontravam operculadas em agosto, possuíam entre nove e 20 dias de idade e entraram na fase campeira 21 dias após a desoperulação, fazendo a coleta de alimentos até o 45º dia após a desoperulação. Assim, a cria operculada mensurada em agosto foi responsável pelo forrageamento e produção de mel em setembro e início de outubro, o que explica a maior produção de mel para os enxames submetidos ao suplemento de xarope de sacarose contendo Promotor L® ou aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera*.

Somerville<sup>21</sup> relatou que enxames com baixa população de abelhas campeiras, apresentam dificuldades de aproveitamento do potencial de grandes florações, em função de não conseguirem prover alto fluxo de entrada de alimentos. Além disso, abelhas nutrizas que passaram por má nutrição prolongada, desenvolvem-se em abelhas campeiras com capacidade de voo reduzida e menor aptidão para coleta de alimentos.

TABELA 3 – Média e mediana da cria operculada (cm<sup>2</sup>), de acordo com a suplementação em colônias de *A. mellifera* em diferentes meses.

Suplementos	Período de suplementação				
	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto
Sacarose	1.169,8 a A (1241,6)	125,9 a A (124,0)	930,8 a A (1241,5)	734,9 a B (786,0)	133,2 a C (158,2)
Sacarose + Promotor L®	1.842,0 ab A (2075,3)	1.131,3 b A (1121,5)	1.645,4 ab A (2075,3)	2.244,0 ab A (2213,5)	2.398,5 a AB (2409,3)
Sacarose + aminoácidos nas proporções das exigências	1.345,3 b A (1322,8)	1.178,9 b A (1001,3)	1.990,8 b A (1322,8)	2.391,6 ab A (2419,3)	3.546, a A (3690,0)
Sacarose + aminoácidos nas proporções da geleia real	1.279,1 a A (1100,7)	994,5 a A (1093,2)	1.439,9 a A (1100,7)	1044,6 a AB (1064,7)	1.273,9 a BC (1604,6)

\*Médias seguidas por letras diferentes e minúsculas na linha e maiúscula na coluna são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05).

Guler et al.<sup>7</sup>, verificaram que suplementação com xarope de sacarose 60% não proporcionou aumento da longevidade ou aumento populacional em enxames, no período de entressafra. De acordo com Sagili e Pankiw<sup>22</sup>, enxames submetidos a dietas deficientes em proteínas, reduzem a capacidade de criação das larvas em 50% a partir de quatro semanas em restrição de PB.

É provável que a redução da área de cria, no tratamento no qual os enxames foram suplementados com xarope de sacarose seja o resultado da baixa disponibilidade de fonte proteica (natural e artificial), na entressafra, reduzindo a produção da geleia real rica em proteínas, e a quantidade de alimento armazenado nos favos, o que inibe a postura pela rainha. Do mesmo modo, o tratamento de xarope de sacarose com aminoácidos na proporção da geleia real apresentou também redução da área de cria, no entanto, não diferiu dos tratamentos com suplementação com xarope de sacarose e aminoácidos de acordo com a exigência da abelha jovem ou com o suplemento comercial. Esse resultado pode estar relacionado com a proporção dos aminoácidos presentes no suplemento, que pode ter causado desbalanceamento de aminoácidos limitantes, principalmente isoleucina e valina, em relação a exigência das abelhas.

O comportamento forrageiro das abelhas campeiras é influenciado pela quantidade de cria no enxame. De acordo com Pankiw et al.<sup>23</sup>, as crias produzem feromônios que estimulam o comportamento forrageiro das abelhas campeiras: quanto maior a área de cria, maior o estímulo para coleta de pólen, aumentando o armazenamento do alimento proteico que propiciará aumento de postura pela rainha. Assim, em colmeias com menor área de cria ocorre estímulo apenas para coleta de néctar (fonte de energia), que não estimula a postura pela rainha.

O suplemento de sacarose com aminoácidos nas proporções das exigências, proporcionou maior área de cria aos enxames, não diferindo do suplemento de sacarose com promotor L®. Considerando-se o suporte de proteína bruta, provavelmente ambos os suplementos atenderam as exigências de aminoácidos. No entanto, o suplemento contendo Promotor L®, apresentava em sua composição menores níveis em todos aminoácidos essenciais, além de conter aminoácidos não essenciais e vitaminas do complexo B.

Considerando-se que o suplemento com aminoácidos de acordo com as exigências e o suplemento com aminoácidos na proporção da geleia real não possuíam vitaminas do complexo B em suas composições, os resultados da área de cria em agosto sugerem que as necessidades das vitaminas do complexo B foram supridas pela oferta de alimento natural da área de suporte do apiário.

Nesse estudo, o suplemento com Promotor L® utilizado continha na sua fórmula aminoácidos e 174 mg de vitaminas do complexo B por litro de xarope e registrou aumento de 134% na área de cria em relação ao tratamento que continha somente xarope de sacarose. Do mesmo modo, Zahra e Talal<sup>24</sup>, ao suplementarem enxames na entressafra com xarope de sacarose e xarope de sacarose contendo 166mg de vitaminas do complexo B por litro, também observaram área de cria maior (24%) para o suplemento do xarope de sacarose com vitaminas em relação ao tratamento no qual as abelhas receberam somente xarope com sacarose.

Ainda em relação ao suplemento contendo Promotor L®, resultados diferentes foram obtidos por Castagnino et al.<sup>9</sup>, que observaram área de cria menor e mais enxameamento nas colmeias alimentadas com Promotor L® em relação aos enxames alimentados apenas com sacarose. Entretanto, no presente estudo, os suplementos continham 50% de sacarose, enquanto o xarope formulado por Castagnino et al.<sup>9</sup>, possuía 75% de sacarose, fator que pode ter reduzido o consumo do suplemento, além disso, a dosagem utilizada de Promotor L® foi 3,5mL/L, enquanto no presente estudo foi 5mL/L. O período de suplementação estudado por Castagnino et al.<sup>9</sup> também foi menor e tardio - julho a setembro, o que reduz a margem para o tempo de resposta dos enxames.

Schafaschek et al.<sup>25</sup> estudaram o Promotor L® em concentração quatro vezes maior (20mL/L) no xarope de sacarose, com menor fornecimento semanal (apenas um litro), no período de maio a dezembro, em bioma de mata atlântica (Cfa). Os autores verificaram maior área de cria do tratamento com Promotor L® em relação a enxames não suplementados com de xarope de sacarose.

Nenhum dos suplementos estudados foi capaz de antecipar a produção de mel na época das florações principais<sup>16</sup> em função da grande variação de desempenho das colônias dentro do mesmo tratamento, como pode ser observado no coeficiente de variação dessa variável nos diferentes períodos (TABELA 4).

A produção de mel é fenômeno que envolve vários fatores, entre eles a quantidade de operárias em fase de campeiras, aptas a fazer coleta de néctar e a disponibilidade de plantas melíferas na área de suporte. Essas condições têm impacto tanto na precocidade quanto na quantidade do mel produzido. A produção precoce de mel na época de safra é um indicativo de melhor aproveitamento dos recursos florais, além de permitir colheitas antecipadas que previnem o consumo excessivo de mel pelas próprias abelhas<sup>19</sup>.

TABELA 4 - Quantidade média de mel de *A. mellifera* obtido em três colheitas realizadas entre setembro e outubro em colmeias alimentadas com diferentes suplementos

Suplementos	Quantidade de mel (g)		
	Primeira colheita 06/09/2018	Segunda colheita 20/09/2018	Terceira colheita 04/10/2018
Sacarose	0	0	0
Sacarose + Promotor L®	2.898,75	1.195,00	1.042,75
Sacarose + AA exigência	2.734,5	1.020,00	2.332,25
Sacarose + AA geleia real	0	0	0
Valor de P	0,541	0,278	0,052
CV (%)	233	197	135

Ao se analisar a produção de mel em todo o período de safra (Tabela 5), os enxames submetidos ao suplemento de xarope contendo aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera*, obtiveram maior produção ( $P < 0,05$ ) em comparação ao suplemento contendo apenas xarope de sacarose e ao suplemento de xarope de sacarose contendo aminoácidos essenciais na proporção da geleia real. Sendo que as colmeias suplementadas com esses dois tratamentos não produziram quantidade de mel suficiente para o armazenamento de mel nos quadros da melgueira, sendo o estoque de mel dos enxames, restrito ao ninho e, portanto, indispensável a manutenção do enxame, não sendo recomendado a colheita<sup>26</sup>.

O tratamento com a suplementação de xarope de sacarose com Promotor L®, não diferiu de nenhum dos tratamentos estudados. Schafaschek et al.<sup>25</sup>, ao avaliarem a média produtiva de colmeias suplementadas com Promotor L®, verificaram aumento de 50% na produção de mel em relação aos enxames que não receberam nenhum tipo de suplementação, entretanto, também não observaram antecipação da produção de mel em setembro.

TABELA 5 - Produção de mel por colônias de *A. mellifera* alimentadas com diferentes suplementos de xarope de sacarose no período de entressafra

Suplementos	Produção média de mel por colônia (g)
Sacarose	0 b
Sacarose + Promotor L®	5.136,50 ab
Sacarose + AA exigência	6.086,75 a
Sacarose + AA geleia real	0 b
Valor de P	0,050
CV (%)	35

\*Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Kruskal-Wallis ( $P < 0,05$ )

Apesar da diferença de produção de mel entre os tratamentos no período total da entressafra, a quantidade de mel colhida foi bem menor que a média nacional: 20kg por colmeia<sup>27</sup>. O calendário fenológico da área de suporte do apiário<sup>16</sup> não relatou a frequência das espécies em floração na região, dessa forma, é possível que algumas das 14 espécies melíferas em floração de agosto a setembro, não estivessem presentes em quantidade significativa para garantir o fluxo de néctar adequado para alta produção de mel.

Os resultados referentes ao retorno econômico com a suplementação de colmeias durante o período de entressafra (Tabela 6) mostraram que o suplemento contendo apenas xarope de sacarose e o suplemento de xarope de sacarose contendo aminoácidos na proporção da geleia real, obtiveram os menores custos de produção, entretanto, geraram receita líquida negativa (prejuízo), pois não foram capazes de produzir mel em quantidade mínima para colheita, sendo o prejuízo equivalente ao custo da suplementação.

O suplemento contendo aminoácidos na proporção das exigências de *A. mellifera* foi economicamente mais vantajoso que o suplemento contendo Promotor L®, pois obteve custo de produção 9% menor, e por ter proporcionado maior estímulo na produção de mel, registrou maior receita líquida em cenário de varejo.

TABELA 6 - Custos, receitas e relação custo-benefício da suplementação de colmeias de *A. mellifera* com xarope de sacarose contendo ou não aminoácidos e Promotor L®, no período de entressafra

Componente da análise (R\$)	Tratamentos			
	Sacarose	Sacarose + Promotor L®	Sacarose + aa exigência	Sacarose + aa geleia real
Custo por kg de suplemento	0,80	1,24	1,14	1,13
Custo por kg de mel produzido	-	11,03	8,59	-
Custo de suplementação / enxame	36,88	56,68	52,27	51,80
Açúcar	36,88	36,88	36,88	36,88
Aminoácidos /produto comercial	-	19,80	15,39	14,92
Receita bruta / enxame - varejo*	0	165,09	195,63	0
Receita líquida / exame - varejo*	-36,88	108,41	143,35	-51,80
Receita bruta / enxame - atacado**	0	61,64	73,04	0
Receita líquida / enxame - atacado**	-36,88	4,96	20,77	-51,80
Relação Custo-benefício - varejo*	0	2,9	3,7	0
Relação Custo-benefício - atacado**	0	1,09	1,40	0

\*valor de R\$ 32,14/kg de mel, vendido ao consumidor final

\*\*valor de R\$ R\$ 12,00/kg de mel, vendido a entreposto da região

Estudos econômicos possuem grande variação de preços praticados em função da região e época em que são realizados. Entretanto, a relação custo/ benefício é uma excelente ferramenta na tomada de decisão, pois, através dos custos de produção e a quantidade

produzida, é capaz de indicar a rentabilidade de um projeto em diferentes cenários de demanda. A relação custo/benefício do suplemento contendo Promotor L®, aponta lucro de 190% no varejo e 9% no atacado em relação ao valor investido. A relação custo/benefício do suplemento contendo aminoácidos nas proporções das exigências de *A. mellifera* registrou lucro de 270% no varejo e 40% no atacado. As relações de custos e lucros apontadas na Tabela 7, são específicas para o contexto do presente estudo, estando sujeitas a oscilações de acordo com o período de fornecimento dos suplementos e o preço pago pelo kg de mel, sendo possível a inviabilidade econômica de qualquer prática de suplementação estudada.

#### **4. CONCLUSÃO**

A suplementação de xarope de sacarose com inclusão de 0,5% de Promotor L® ou 0,5% de aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera* entre abril e julho são indicados para evitar enxameamento de colônias no período de entressafra. O suplemento de xarope de sacarose com 0,5% de aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera* é indicado para aumentar a taxa de postura ao longo da entressafra e aumentar a produção de mel na safra apícola, sendo também, economicamente mais rentável.

## REFERENCIAS

1. Reis VDA, Pinheiro RS. Fundamentos para o desenvolvimento seguro da apicultura com abelhas africanizadas. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Documentos. 2011; 118: 32p.
2. Awad AM, Owayss AA, Alqarni AS. Performance of two honey bee subspecies during harsh weather and *Acacia gerrardii* nectar-rich flow. *Scientia Agricola*. 2017; 74 (6): 474-480.
3. Lopes CGR, Beirão DCC, Pereira LA, Alencar LC. Levantamento da flora apícola em área de cerrado no município de Floriano, estado do Piauí, Brasil. *R. bras. Bioci., Porto Alegre*. 2016; 14 (2): 102-110.
4. Lima MV, Soares KO, Evangelista-Rodrigues A. Complexo enzimático na alimentação artificial de abelhas africanizadas. *Archivos de Zootecnia*. 2017; 66 (255).
5. Tavernari FC, Carvalho TA, Assis AP, Lima HJA. Polissacarídeos não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. *Rev Elect Nutri*. 2008; 5: 673-689.
6. Black J. Honeybee Nutrition: Review of research and practices. Rural Industries Research and Development Corporation. 2006; 06(052): 1-79.
7. Guler A, Ekinci D, Biyik S, Garipoglu AV, Onder H. Effects of feeding honey bees (hymenoptera: apidae) with industrial sugars produced by plants using different photosynthetic cycles (carbon C3 and C4) on the colony wintering ability, lifespan, and forage behavior. *Journal of Economic Entomology*, 2018; 111(5).
8. Glavinic U, Stankovic B, Draskovic V, Stevanovic J, Petrovic T, Lakic N, Stanimirovic Z. Dietary amino acid and vitamin complex protects honey bee from immunosuppression caused by *Nosema ceranae*. *Plos one*. 2017.
9. Castagnino GL, Arboitte MZ, Garcia SLGG, Menezes LFG. Desenvolvimento de núcleos de *Apis mellifera* alimentados com suplemento aminoácido vitamínico, Promotor L®. *Ciência Rural, Santa Maria*. 2006; 36 (2): 685-688.
10. Salomé J.A. Avaliação de crescimento de área de cria aberta em colméias de *Apis mellifera* l. com a utilização de promotor L no município de Rio Fortuna-Sc. 2008. Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/345570257/Promoto-l-Tecnico>> acessado em: 27/02/2019.
11. Teixeira JLF, Efeito da suplementação alimentar na criação e *performance* de abelhas rainhas *Apis mellifera*. [Dissertação]. Universidade de Trás-os-montes e Alto Douro. Villa Real. 2017.
12. Toledo VAA, Neves CA, Alves EM, Oliveira JR, Ruvolo-Takasusuki MCC, Faquinello P. Produção de geleia real em colônias de abelhas africanizadas considerando diferentes

- suplementos proteicos e a influência de fatores ambientais. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 2010; 32 (1): 101-108.
13. Simcock N. K., Gray H. E., Wright G. A. Single amino acids in sucrose rewards modulate feeding and associative learning in the honeybee. *Journal of Insect Physiology*. Elsevier. 2014; 69: 41–48.
  14. Paoli PP, Wakeling LA, Wright GA, Ford D. Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Springer*. 2014; 46:1449–1458.
  15. Climate-Data. Clima Goiânia. AM Online Projects. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>>. Acessado em: 27/ 02/ 2019.
  16. Siqueira KN, Silva-Neto CM, Oliveira SS, Carneiro LC, Braga CASB, Identificação e mapeamento das principais plantas melíferas dos arredores do apiário da Evz/Ufg. *Anais Do Congresso De Pesquisa, Ensino E Extensão- Conpeex*. 2016: 1014 – 1017
  17. De Groot AP. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica L.*). *Physiologia comp. Oecol*. 1953; 3:197-285.
  18. Howe SR, Dimick PS, Benton. AW. Composition of Freshly Harvested and Commercial Royal Jelly. *Journal of Apicultural Research*. 1985.
  19. Souza D.C. Apicultura - manual do agente de desenvolvimento rural. 2ª edição. Sebrae. 2007
  20. Neto AIP, Silva RA, Silva SS, Sousa JS, Andrade ABA. Influência de essências na alimentação artificial energética na atratividade de Abelhas *Apis mellífera*. *Revista Verde*, v.10, n.3, p 47 - 52, 2015.
  21. Somerville D. Fat bees skinny bees – a manual on honey bee nutrition for beekeepers. NSW Department of Primary Industries. 2005; 05(54):1-150.
  22. Sagili RR, Pankiw T. Effects of protein-constrained brood food on honey bee (*Apis mellifera L.*) pollen foraging and colony growth. *Behav Ecol Sociobiol*. 2007; 61:1471–1478.
  23. Pankiw T, Robert E. Page J, Brood pheromone modulates honeybee (*Apis mellifera L.*) sucrose response thresholds. *Behav Ecol Sociobiol*. 2001; 49: 206–213.
  24. Zahra A, Talal M. Impact of pollen supplements and vitamins on the development of hypopharyngeal glands and on brood area in honey bees. *Journal of Apicultural Science*. 2008; 52 (2): 5-13.
  25. Schafaschek TP, Padilha MTS , Santos II, Padilha JCF, Braga FE. Efeito da suplementação alimentar sobre as características produtivas e reprodutivas de *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. *Biotemas*. de 2008; 21 (4): 99-104.

26. Costa, R.A.C. Glândulas Hipofaringeanas, in: Cruz-Landim C. A. F. C. (Eds.), Glândulas Exócrinas das Abelhas, Funpec, pp.91-110, 2003.
27. Oliveira A. Abelhas: o mercado do mel no Brasil. 2017. Disponível em: <<https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodeabelhas/artigos/abelhas-o-mercado-do-mel-no-brasil>>. Acessado em: 26/03/2019.

### CAPITULO III. EFEITO DA ALIMENTAÇÃO AMINOÁCIDO/VITAMÍNICA SOBRE PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E MORFOMÉTRICOS DE *APIS MELLIFERA*

#### RESUMO

Objetivou-se avaliar suplementos de xarope de sacarose com a adição de aminoácidos e vitaminas para abelhas *A. mellifera* mantidas em ambiente controlado, nos primeiros sete dias após a emersão opercular. Os parâmetros avaliados foram: consumo do suplemento, peso seco ao sétimo dia de emersão opercular, desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas, condição corporal e proteína bruta da hemolinfa. Os tratamentos foram: dieta controle (mistura com 66% de mel e 34% de pólen); xarope com 50% de sacarose; xarope com 50% de sacarose e 0,5% de Promotor L®; xarope com 50% de sacarose e 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*; xarope com 50% de sacarose e 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real. Foram utilizadas 500 abelhas recém emergidas, alojadas em gaiolas experimentais e distribuídas em delineamento em blocos casualizados, dentro de estufa BOD (sendo as prateleiras bloqueadas), com cinco tratamentos e quatro repetições de 25 abelhas. Ao final de sete dias de confinamento as abelhas foram sacrificadas para realização das análises. Os dados foram submetidos a análise de variância, por meio do programa SAS, e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Observou-se maior consumo das dietas dos tratamentos com xarope à base de sacarose quando comparados ao tratamento contendo mel e pólen. A deposição corporal de lipídeos foi maior para as abelhas do tratamento contendo mel e pólen. A taxa de sobrevivência foi maior no tratamento contendo mel e pólen e no tratamento contendo xarope de sacarose com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. O desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas diferiu entre os tratamentos, com melhores resultados para o tratamento contendo mel e pólen e para o tratamento contendo xarope de sacarose com aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*, sendo os piores resultados para o tratamento contendo apenas sacarose e para o xarope de sacarose contendo aminoácidos nas proporções da geleia real. Houve diferença para o peso seco ao sétimo dia e deposição de proteínas, sendo os melhores resultados para o tratamento contendo mel e pólen, e os piores resultados para o tratamento contendo apenas xarope de sacarose. Houve diferença para proteína bruta de hemolinfa, sendo os menores valores para o tratamento contendo mel e pólen e o tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*. Considerando o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas, taxa de sobrevivência e deposição proteica, pode-se concluir que o tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* foi capaz de manter o comportamento social de abelhas nutrizas e garantir a sobrevivência das abelhas em situações de escassez nutricional.

**Palavras chave:** abelhas, glândulas hipofaríngeas, hemolinfa, proteína.

### CHAPTER III. EFFECT OF AMINOACID / VITAMINIC FEEDING ON PHYSIOLOGICAL AND MORPHOMETRIC PARAMETERS IN APIS MELLIFERA

#### ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of amino acids and vitamins in sucrose based foods for *Apis mellifera* bees in the first seven days after opercular emersion. The parameters evaluated were: consumption, weight at the seventh day, development of hypopharyngeal glands, body condition and crude protein hemolymph. The treatments were: control diet, with mixture of honey and pollen in the same proportion (volume / volume); 50% sucrose syrup; 50% sucrose syrup and 0.5% L promoter; syrup with 50% sucrose and 0.5% essential amino acids in the proportions of their requirement; syrup with 50% sucrose and 0.5% essential amino acids in the proportions found in the royal jelly. Fifty freshly emerged bees housed in experimental cages and distributed in a randomized block design were used inside the BOD greenhouse (with the shelves blocked), with five treatments and four replicates of 25 bees. At the end of seven days of confinement the bees were sacrificed for the analysis. The data were submitted to analysis of variance, through the SAS program, and the means compared by the Tukey test. It was observed a higher consumption of the sucrose-based treatments compared to the control. Body deposition of lipids was higher in the control treatment. The survival rate was higher for the control treatment and for the treatment containing essential amino acids in the proportions of their requirements. The development of hypopharyngeal glands differed between treatments ( $P < 0.05$ ), with better results for the control treatment and treatment containing amino acids in the proportions of royal jelly and worse results for treatment containing only sucrose and treatment containing amino acids in the proportions of the royal jelly. There was no difference ( $P > 0.05$ ) for body weight at day 7 and protein deposition. There was differences for crude protein of hemolymph, being the lowest values for the treatment containing honey and pollen and the treatment containing essential amino acids in the proportions of of *A. mellifera* requirements. The development of the hypopharyngeal glands, survival rate and protein deposition results lead us to believe that the treatment containing essential amino acids in the proportions of *A. mellifera* requirements was able to maintain the social behavior of nourishing bees, from the development of their hypopharyngeal glands and ensure the survival of the bees in situations of nutritional scarcity.

**Keywords:** bees, hemolymph, hypopharyngeal glands, protein.

## 1. INTRODUÇÃO

As abelhas são essenciais para a manutenção da vida no planeta, por serem agentes polinizadores de ecossistemas agrícolas e naturais. Entretanto, a preservação e criação desses animais encontra-se cada vez mais ameaçada. Nos últimos anos, a alteração de habitats naturais, com expansão de áreas urbanas e crescimento de áreas destinadas à monocultura tem ocasionado limitações na quantidade e qualidade de recursos alimentares para abelhas. Associado a isso, o uso indiscriminado de defensivos agrícolas tem causado mortalidade expressiva da população mundial de abelhas<sup>1</sup>.

Durante o serviço de polinização, as abelhas forrageiras coletam pólen e néctar para suas próprias necessidades, mas prioritariamente para alimentar as larvas de suas colônias. A qualidade e quantidade desses alimentos reflete diretamente no crescimento e condição corporal de abelhas em todas as fases de desenvolvimento<sup>2</sup>. O pólen é coletado e transportado para dentro da colmeia por abelhas forrageiras e posteriormente é consumido em grande quantidade por abelhas nutrizas, que utilizam esse grande aporte nutricional para realização de suas atividades sociais<sup>3</sup>.

O consumo adequado de pólen na fase nutriz prolonga o tempo de vida da abelha e a população das colmeias, já que eleva a concentração de proteínas na hemolinfa, o que promove o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas que são responsáveis por secreções que compõem a porção proteica da geleia real – alimento indispensável para o crescimento das larvas e ovoposição da rainha<sup>3,4</sup>.

Considerando-se as necessidades nutricionais das abelhas, é fundamental o fornecimento de alimentos alternativos em períodos de escassez de florada, que atendam aos interesses ambientais, sociais e econômicos relacionados à preservação e criação de abelhas. É importante conhecer aspectos sobre o metabolismo desses insetos, como sua preferência alimentar e exigências nutricionais, para o desenvolvimento de alimentos artificiais que possam suprir carências nutricionais e promover a sobrevivência de populações de abelhas em situações adversas.

Muitos estudos de nutrição de *Apis mellifera* vêm sendo conduzidos em condições de ambiente e alimentação controlados, na tentativa de elucidar as preferências alimentares e a eficiência de ingredientes como farelo de soja, albumina, levedo de cerveja e farelo de arroz, que têm sido fornecidos para abelhas nutrizas e avaliados como possíveis substitutos do pólen, a partir de parâmetros como proteína bruta de hemolinfa<sup>5</sup>. Aminoácidos nas dietas têm

sido estudados como estimulantes ou inibidores do consumo de xarope de sacarose em estudos realizados para avaliar a relação ideal entre aminoácidos e carboidratos<sup>6,7</sup>.

Apesar dos estudos em ambiente controlado serem especialmente importantes para identificar as necessidades nutricionais das abelhas de maneira individualizada, sem influências hormonais das larvas ou da rainha<sup>8</sup>, são escassos os estudos que avaliam a inclusão de nutrientes específicos como aminoácidos e vitaminas sob parâmetros fisiológicos associados a produção.

Considerando os efeitos da inclusão de aminoácidos e vitaminas na dieta de *A. mellifera* sobre a área de cria operculada e produção de mel estudados no Capítulo II, objetivou-se verificar, de maneira exploratória o efeito da alimentação à base de xarope de sacarose contendo Promotor L® ou aminoácidos essenciais em diferentes proporções em relação ao mel e pólen, sobre o consumo, sobrevivência, peso seco, deposição de lipídio e proteína corporal, proteína bruta de hemolinfa e desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas em abelhas nutrizas, em ambiente com temperatura e alimentação controladas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um ensaio experimental no laboratório do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Goiás, Goiânia-Goiás, nos meses de dezembro de 2018 e janeiro de 2019.

### 2.1 – Local, animais e delineamento experimental:

Foram utilizadas 500 abelhas com um dia de idade, provenientes do apiário experimental da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás, Goiânia – Goiás.

Foi selecionado um enxame do Apiário Escola da EVZ/ UFG em boas condições de postura, de onde foram retirados favos com cria operculada em estágio final de desenvolvimento e acondicionados em uma caixa plástica dentro de estufa BOD a 28°C para emersão opercular. Após um dia de janela de emersão, as abelhas emergidas foram realocadas em caixas de madeira com 5800 cm<sup>3</sup>, com tampa de vidro e orifícios de ventilação e mantidas dentro de estufa BOD. Cada caixa representou uma unidade experimental. Para mimetizar o ambiente da colmeia, foi colocado um favo vazio em cada caixa. A umidade foi controlada com uso de bandeja com água mantida na parte inferior, dentro da estufa.

As abelhas ficaram confinadas por sete dias, submetidas a cinco tratamentos, com quatro repetições para cada tratamento e 25 animais por unidade experimental. As caixas foram distribuídas dentro da estufa em delineamento em blocos casualizados, em que a altura das prateleiras foi o critério de separação dos blocos.

## 2.2 – Tratamentos e alimentação

Os tratamentos foram cinco dietas artificiais, sendo:

- Dieta Controle: Mistura de 66% de Mel e 34% de pólen;
- Dieta 1: Xarope de água com 50% de sacarose;
- Dieta 2: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de Promotor L®;
- Dieta 3: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de solução de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera*;
- Dieta 4: Xarope de água com 50% de sacarose e 0,5% de solução de aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real de *Apis mellifera*.

Para a obtenção do xarope de sacarose foi realizada a mistura em partes iguais de água potável e sacarose na relação peso/peso. A mistura foi aquecida até a completa diluição do açúcar, sem permitir que a água entrasse em temperatura de ebulição, e em seguida acrescentou-se o suplemento comercial ou os aminoácidos essenciais, de acordo com cada tratamento, agitando até a completa homogeneização.

O produto comercial Promotor L® é produzido pela CEVA – Saúde animal LTDA, se apresenta em forma líquida e possui 15% de proteína bruta, assim sendo, os tratamentos contendo aminoácidos essenciais, foram isoproteicos. A quantidade de inclusão do Promotor L® (0,5%) corresponde a recomendação do fabricante (5ml/L de xarope de sacarose). Os aminoácidos utilizados foram adquiridos através do laboratório Labsynth® com pureza superior a 98% e isomeria L. O nível proteico do tratamento controle composto por mel não foi ajustado. Os níveis de aminoácidos das dietas à base de xarope de sacarose e a estimativa de aminoácidos presentes na dieta contendo mel e pólen, com base na literatura sobre composição aminoacídica do pólen apícola brasileiro<sup>9</sup> estão descritos na Tabela 1.

O valor energético (energia bruta) das dietas à base de xarope de sacarose, foi de 1.934,3kcal/kg de xarope, enquanto a dieta controle (mel e pólen) possuía em torno de 3.040 kcal/kg. A proporção de 66% de Mel e 34% de pólen da dieta controle foi escolhida visando atingir uma consistência que não prejudicasse o consumo pelas abelhas. A dieta composta por xarope de sacarose com aminoácidos essenciais, nas proporções das exigências de *A.*

*mellifera* foi formulada de acordo com os valores propostos por De Groot<sup>2</sup>. A dieta do tratamento com aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real de *A. mellifera* foi formulada de acordo com os valores encontrados por Howe e Dimick<sup>10</sup>.

Todas as dietas foram armazenadas em geladeira por sete dias, sendo que todas as manhãs eram retiradas as sobras do dia anterior. O fornecimento de alimento e água foi *ad libitum*. O alimento foi fornecido em tubos plásticos de microcentrífuga (Eppendorf®), fixados na parede das caixas e a água foi disponibilizada em bebedouro de pássaros.

TABELA 1 - Composição dos suplementos contendo Promotor L®; aminoácidos essenciais nas proporções da exigência de *A. mellifera*; aminoácidos essenciais nas proporções encontradas na geleia real e estimativa de aminoácidos presentes no tratamento controle (mel e pólen).

Nutriente	Concentração (mg/kg de dieta)			
	Promotor L®	Aminoácidos essenciais exigência*	Aminoácidos essenciais geleia real**	Mel + pólen***
Leucina	53,2	132,8	132	7148,6
Isoleucina	34,2	118,0	89,9	4071,1
Valina	15,3	118,0	107,2	4780,9
Treonina	0,01	88,3	79,2	3821,3
Lisina	46,4	88,3	130,3	6637,6
Arginina	52,5	88,3	100,6	4968,2
Fenilalanina	35,4	73,4	85	4059,8
Histidina	9,2	44,5	52,8	2600,5
Metionina	11,0	44,5	27,2	2941,2
Triptofano	-	29,7	20,6	1209,4
Ácido Aspártico	61,1	-	-	9124,5
Ácido Glutâmico	108,8	-	-	10305,6
Alanina	45,2	-	-	6552,4
Cistina	28,1	-	-	-
Glicina	62,9	-	-	4729,8
Tirosina	18,9	-	-	2628,9
Prolina	6,9	-	-	12060,1
Serina	73,3	-	-	5615,5
Ác. Pantotênico	45,8	-	-	-
Biotina	0,01	-	-	-
Inositol	15,3	-	-	-
Nicotinamida	99,3	-	-	-
Vitamina B1	10,7	-	-	-
Vitamina B2	15,3	-	-	-
Vitamina B6	6,9	-	-	-
Matéria seca	50%	50%	50%	86,5%

\*De acordo com De Groot<sup>2</sup>

\*\*De acordo com Howe e Dimick<sup>10</sup>

\*\*\*De acordo com Negrão<sup>9</sup>

### 2.3 – Manejo experimental:

As caixas foram vistoriadas diariamente, com troca de alimento e contagem de abelhas vivas. Ao sétimo dia após a eclosão, as abelhas foram insensibilizadas com CO<sub>2</sub> para análise de peso seco, condição corporal, proteína bruta de hemolinfa e glândulas hipofaríngeas

### 2.4 – Variáveis estudadas:

- a) Consumo de alimento: encontrado pela diferença entre a quantidade de alimento fornecida no dia anterior e a quantidade de sobra do dia seguinte. O consumo em matéria seca (MS) foi encontrado multiplicando-se o consumo pela porcentagem de matéria seca do alimento. Quando necessário, o consumo diário foi corrigido pela taxa de sobrevivência.
- b) Taxa de sobrevivência: obtida pelo produto da divisão da quantidade de abelhas vivas ao sétimo dia, pela quantidade de abelhas alocadas por caixa.
- c) Peso seco: ao sétimo dia de confinamento, seis abelhas de cada caixa foram coletadas e armazenadas em etanol 70%, depois tiveram todas as patas removidas e foram levadas a estufa ventilada a 45°C por 48 horas para secagem, em seguida foram pesadas<sup>11</sup>.
- d) Proteína bruta de hemolinfa: determinada a partir de um pool de hemolinfa extraído com seringa por meio de um corte na base da asa, feito com tesoura de dissecação em 10 abelhas de cada caixa ao sétimo dia de confinamento. Posteriormente as amostras foram centrifugadas e o sobrenadante retirado para determinação de proteína bruta pelo método de Bradford<sup>12</sup>, utilizando soro albumina bovino como padrão. A quantificação da proteína bruta das amostras foi realizada por leitura em um comprimento de onda de 595nm em espectrofotômetro.
- e) Desenvolvimento de glândula hipofaríngea: ao sétimo dia de confinamento (ápice do desenvolvimento glandular em operárias), foi feita dissecação de seis abelhas de cada tratamento e as glândulas foram retiradas e colocadas em lâminas escavada contendo solução tamponada e foram fotografadas com microscópio em aumento de 10 vezes. Foram mensurados 10 ácidos de cada glândula com auxílio de software de processamento de imagens ImageJ<sup>13</sup>.

- f) Condição corporal: seis abelhas de cada caixa foram armazenadas em etanol 70%, depois tiveram todas as patas removidas e foram levadas a estufa ventilada a 45°C por 48 horas para secagem, em seguida foram pesadas e submergidas em clorofórmio por 48 horas e então o processo de secagem foi repetido para nova pesagem. A diferença entre as duas pesagens equivale ao conteúdo lipídico da abelha. Após a extração de lipídios as abelhas foram submersas em solução de hidróxido de potássio a 0,8 M por 48 horas, em seguida passaram novamente pelo processo de secagem e foram pesadas. A diferença entre a pesagem após o clorofórmio e a pesagem após o hidróxido de potássio, representa o conteúdo proteico da abelha<sup>11</sup>.

## 2.5 - Análise estatística

As análises estatísticas para as variáveis de consumo de alimento, peso ao sétimo dia, taxa de sobrevivência, área de ácinos, deposição de lipídeos e proteína corporal, e proteína bruta de hemolinfa foram realizadas com o procedimento de análise de variância (ANOVA) por meio do programa estatístico R. As médias quando estatisticamente diferentes a 5% de significância, foram comparados pelo Teste de Tukey.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de consumo diário por abelha (Tabela 2) mostraram diferenças entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), sendo que o consumo diário do tratamento da dieta controle foi menor em relação aos demais tratamentos à base de xarope de sacarose. É provável que essa diferença de consumo da dieta de mel e pólen seja em função desse alimento possuir baixa umidade e maior concentração de açúcares, que têm grande influência nos mecanismos de saciedade dos insetos.

Insetos forrageadores avaliam fontes de alimento através de sensilos gustativos alojados em órgãos periféricos como antenas, mandíbulas, maxilas. Esses sensilos são dotados de neurônios quimiorreceptores de contato que projetam seus axônios para a zona subesofágica do cérebro, responsável pelo controle da alimentação. Em geral, os estímulos nervosos produzem respostas apetitivas a alimentos açucarados e aversivas a alimentos amargos em regiões distintas da zona subesofágica<sup>14, 15, 16, 17</sup>. Os neurônios quimiorreceptores também funcionam como sensores de saciedade no cérebro e no intestino, sendo capazes de sinalizar o status nutricional para o cérebro, por meio da concentração de frutose na hemolinfa e assim inibir ou estimular o consumo de alimentos<sup>18</sup>.

TABELA 2 - Consumo diário de alimento por abelha em matéria natural e matéria seca, peso seco e taxa de sobrevivência de abelhas nutrizas submetidas a diferentes dietas, ao sétimo experimental

Dietas	Consumo diário (mg/abelha)	Consumo diário de MS (mg/abelha)	Peso seco (mg)	Sobrevivência (%)
Sacarose	10,27 a	5,13	63,73 b	91,7 ab
Sacarose + Promotor L®	10,65 a	5,33	88,70 ab	87,3 b
Sacarose + AA exigência	13,06 a	6,53	77,36 ab	90,3 ab
Sacarose + AA geleia real	10,20 a	5,10	73,32 ab	87,2 b
Mel + Pólen	4,17 b	3,61	110,70 a	94,5 a
Valor de P	0,002	0,171	0,043	0,050
CV (%)	16,1	16,1	12,7	2,2

\*Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

Por outro lado, a concentração de matéria seca nas dietas dos tratamentos à base de xarope de sacarose foi de 50%, enquanto no tratamento contendo mel e pólen foi de 86,5%. Ao comparar-se o consumo de alimento em base de matéria seca, não foi verificada diferença entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ), sugerindo que as abelhas são capazes de regular o consumo de alimentos a partir da concentração de algum nutriente específico, provavelmente açúcares. Resultado semelhante foi verificado por Paoli et al.<sup>7</sup>, ao observarem que abelhas optaram por ingerir quantidades específicas de açúcar, mesmo que para isso tenham que consumir quantidades tóxicas de aminoácidos associados ao xarope de sacarose.

A presença de aminoácidos nos tratamentos à base de xarope de sacarose, não resultou em efeito inibitório ou estimulante sobre o consumo, já que não houve diferença entre os tratamentos contendo xarope de sacarose com aminoácidos em relação ao tratamento contendo apenas xarope de sacarose ( $P > 0,05$ ). Esse resultado não corroborou com o observado por Simcock et al.<sup>6</sup>, que ao alimentarem abelhas forrageiras com xarope de sacarose contendo 13,11g de isoleucina ou com 14,9 g de metionina verificaram redução de 62% e 88% respectivamente no consumo, quando comparado a abelhas alimentadas apenas com sacarose. Entretanto, é importante ressaltar que essa aversão aos aminoácidos observada por Simcock et al.<sup>6</sup> possa estar relacionada ao fato de que abelhas forrageiras perdem eficiência na produção de enzimas proteases quando saem da fase nutriz<sup>19</sup>.

Em relação ao peso seco das abelhas (Tabela 2), houve diferença entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Esse resultado sugere que apesar de não ter sido observado diferença no consumo das dietas em matéria seca, o tratamento contendo apenas de xarope de sacarose não foi capaz de manter ou promover aumento da massa corporal das abelhas nutrizas quando

comparado ao tratamento controle. A presença de aminoácidos e vitaminas no tratamento contendo Promotor L® e aminoácidos no tratamento contendo aminoácidos essenciais na proporção das exigências de *A. mellifera* e na proporção da geleia real, foi capaz de proporcionar peso corporal semelhante ao das abelhas alimentadas com o tratamento controle.

Houve diferença ( $P < 0,05$ ) entre os tratamentos para taxa de sobrevivência (Tabela 2), sendo que os tratamentos contendo Promotor L® e contendo aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real resultaram em maior mortalidade das abelhas quando comparados ao grupo da dieta controle (mel e pólen). É provável que o aumento da mortalidade nos tratamentos contendo Promotor L® e contendo aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real tenha sido ocasionado por desbalanceamento de aminoácidos essenciais de maior limitação, como a isoleucina, que estava respectivamente em concentração 283% e 31% menor do que a recomendada por De Groot<sup>2</sup>, o que impede o aproveitamento dos outros aminoácidos essenciais e geram alto custo metabólico para desaminação dos aminoácidos não aproveitados. Além disso, é possível que um período experimental maior também demonstrasse taxa de mortalidade elevada para o tratamento contendo apenas sacarose.

Foi observado que nas dietas contendo Promotor L® e nas dietas contendo aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real ocorreram casos de diarreia seguida de morte em algumas abelhas. É provável que a maior ocorrência de mortalidade nesses tratamentos esteja relacionada com a incapacidade das abelhas alimentadas com déficit de aminoácidos essenciais em ter resposta imune adequada diante de algum patógeno, já que uma dieta deficiente em aminoácidos reduz a expressão de genes responsáveis pela produção de peptídeos relacionados ao sistema imune da abelha, enfraquecendo sua resistência e aumentando casos de morte por doenças<sup>20</sup>. A diarreia observada nos tratamentos de maior mortalidade é um sintoma comum de nosemose, uma doença produzida pelo fungo *Nosema* spp, que acomete o sistema digestivo das abelhas, destruindo os enterócitos e reduzindo a capacidade de absorção de nutrientes<sup>21</sup>.

Em relação a deposição corporal de lipídeos e proteínas (Tabela 3), houve diferença ( $P < 0,05$ ) para ambas as variáveis, no qual a maior deposição de lipídeos e proteínas foi encontrada nas abelhas do grupo que receberam a dieta controle (mel e pólen).

TABELA 3 - Deposição corporal de lipídios e proteínas, proteína bruta de hemolinfa e área média de ácidos de glândulas hipofaríngeas de abelhas nutrizas ao sétimo dia de idade, submetidas a diferentes dietas

Dietas	Deposição corporal de lipídeos (mg/abelha)	Deposição corporal de proteínas (mg/abelha)	Proteína bruta de hemolinfa (mg/ml)	Área de ácidos ( $\mu\text{m}^2$ )
Sacarose	0,90 b	37,56 b	4,98 b	5.053,24 d
Sacarose + Promotor L®	0,40 b	41,00 ab	5,24 b	5.801,64 bc
Sacarose + AA exigência	2,47 b	56,57 ab	3,45 a	6.168,01 ab
Sacarose + AA geleia real	2,20 b	42,25 ab	5,29 b	5.344,31 cd
Mel + Pólen	8,10 a	68,97 a	4,19 a	6.513,93 a
Valor de P	0,006	0,288	<0,0001	<0,0001
CV(%)	33,4	27,21	2,8	2,31

\*Médias seguidas por letras diferentes, na mesma coluna, são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

As dietas contendo apenas xarope de sacarose, Promotor L®, aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* e aminoácidos essenciais nas proporções da geleia real, não foram capazes de manter as reservas de lipídios, quando comparadas ao tratamento controle. O acúmulo de lipídeo corporal em *A. mellifera*, faz inferência ao tamanho de seu corpo gorduroso, o principal órgão envolvido no metabolismo energético e o principal tecido de armazenamento de glicogênio, lipídios e proteínas em insetos. É também o local de hematopoese e secreção de vários componentes imunológicos, compostos antibacterianos e proteínas de coagulação sanguínea<sup>22</sup>.

Uma hipótese que poderia justificar a menor taxa de deposição de lipídeos nos tratamentos à base de sacarose é que uma alimentação deficiente em proteínas é capaz de alterar o padrão de expressões gênicas das abelhas, acelerando a oxidação do corpo gorduroso e causando “envelhecimento” precoce das abelhas nutrizas<sup>19</sup>.

A transição de comportamento social de abelhas nutrizas para abelhas forrageiras é definida por diversas alterações fisiológicas e hormonais que são consequências de um desbalanceamento no turnover proteico e lipídico, causado pela redução na ingestão de alimentos pelas operárias à medida que envelhecem<sup>23, 24</sup>. Essa mudança de padrão alimentar leva a redução programada de  $\pm 50\%$  do estoque de lipídeos abdominais em abelhas forrageiras<sup>25</sup>.

A medida que o corpo gorduroso é oxidado por estresse nutricional, ocorre também a redução na expressão de genes ligados ao metabolismo de proteínas e lipídeos (abundante em nutrizas), e aumento de expressão de genes relacionados a glicólise e gliconeogênese no corpo gorduroso, assemelhando-se ao comportamento metabólico de

abelhas forrageiras<sup>24</sup>. De maneira análoga, o excesso de aminoácidos e vitaminas na alimentação de abelhas nutrizas faz com que elas permaneçam mais tempo em fase de nutriz, reduzindo assim a quantidade de abelhas campeiras na colônia<sup>20</sup>.

Entretanto, a influência do nível de proteína bruta da dieta sobre a oxidação do corpo gorduroso, não é consenso. Basualdo et al.<sup>26</sup> não encontraram relação entre o consumo de alimentos com diferentes níveis proteicos (0, 10 e 29% de PB) e o peso do corpo gorduroso de abelhas mantidas em estufa até os 30 dias de idade.

O padrão de deposição corporal de proteínas foi semelhante ao observado para os lipídeos, sendo o tratamento contendo apenas xarope de sacarose, incapaz de manter níveis corporais adequados de proteína nos tecidos. Esse resultado sugere que pode ter ocorrido um desequilíbrio no turnover proteico em função da restrição de proteína na dieta.

Quanto a área de ácinos glandulares, houve diferença entre os tratamentos ( $P < 0,05$ ). Os piores desempenhos foram para o tratamento contendo apenas sacarose e o tratamento contendo aminoácidos na proporção da geleia real, que apesar de possuir maior aporte proteico, provavelmente foi deficiente em um ou mais aminoácidos necessários para o correto desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas. Os melhores desempenhos foram registrados para o tratamento contendo mel e pólen e para o tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências e *A. mellifera* (Figura 1).

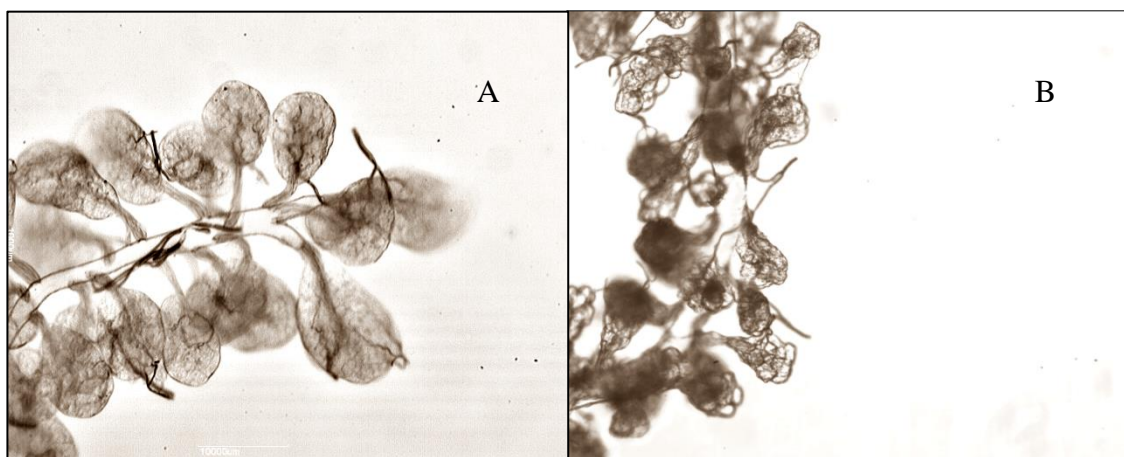


Figura 1: Ácinos de glândulas hipofaríngeas de *A. mellifera* alimentadas com mel e pólen (A) e xarope de sacarose (B).

O fornecimento de pólen estimula o desenvolvimento das glândulas mandibulares e hipofaríngeas de operárias nutrizas, atingindo tamanho máximo entre seis e dez dias após a emersão opercular<sup>27</sup>. Assim como o corpo gorduroso, o desenvolvimento e a degeneração das glândulas hipofaríngeas tem forte relação com a função social que a abelha exerce na

colônia<sup>28</sup>. O tratamento contendo apenas sacarose obteve área de ácidos 29% menor quando comparado ao controle (mel e pólen). Resultados semelhantes foram encontrados por Di Pasquale et al.<sup>29</sup> que verificaram área de ácidos 28% menor no tratamento sem proteína em comparação ao tratamento contendo pólen.

O tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera*, foi o único que proporcionou aumento da área de ácidos de maneira tão eficaz quanto o tratamento controle. É provável que o maior desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas tenha sido proporcionado pela maior concentração de aminoácidos como isoleucina, valina, treonina, metionina e triptofano em relação aos outros tratamentos à base de sacarose. De acordo com Di Pasquale et al.<sup>29</sup>, maiores níveis de aminoácidos na dieta, são capazes de estimular a expressão de genes relacionados ao crescimento e ativação dessas glândulas.

O tratamento contendo Promotor L® proporcionou aumento de 15% na área de ácidos quando comparado ao tratamento contendo apenas sacarose. É possível que esse resultado seja efeito da presença de vitaminas na composição do produto. Zaha e Talal<sup>30</sup>, também verificaram resultados positivos para suplementos contendo vitaminas do complexo B, com aumento de 63% na área de ácidos de abelhas nutrizas, quando comparadas ao tratamento contendo apenas sacarose.

Houve diferença para proteína bruta na hemolinfa ( $P < 0,05$ ). O tratamento contendo mel e pólen, e o tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* diferiram dos demais tratamentos e não diferiram entre si. Ambos os tratamentos proporcionaram os menores níveis de proteína bruta na hemolinfa.

Estudos têm demonstrado que o tipo de alimento fornecido para *A. mellifera* é capaz de modular o perfil proteico e o nível de proteína bruta de sua hemolinfa<sup>31, 32, 33</sup>. Dessa maneira, os níveis de proteína bruta verificados em abelhas em condições de nutrição ideal (alimentadas com mel e pólen), têm sido utilizados como parâmetro de digestibilidade e aproveitamento de nutrientes para diversos alimentos substitutos, pois refletem a quantidade e a usabilidade da proteína dietética<sup>31</sup>. Assim sendo, o tratamento contendo aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. mellifera* foi o único capaz de modular o nível de proteína bruta na hemolinfa, de maneira semelhante a uma dieta ideal.

Os resultados obtidos para proteína bruta de hemolinfa são divergentes dos encontrados por DeGrandi-Hoffman et al.<sup>34</sup> e Turcattor<sup>35</sup>, que verificaram que abelhas nutrizas alimentadas com pólen e mel possuem maior concentração de proteína bruta na hemolinfa quando comparado a abelhas nutrizas que foram alimentadas apenas com sacarose.

É possível que o alto valor de PB encontrado na hemolinfa das abelhas alimentadas apenas com sacarose, seja atribuído ao fato de uma dieta isenta de proteína reduzir a atividade metabólica dos hemócitos (células do sistema imune dos insetos), e como mecanismo de compensação, o corpo gorduroso aumenta a produção de hemócitos circulantes na hemolinfa, o que pode elevar os valores de proteína bruta na hemolinfa<sup>36</sup>. Alaux et al.<sup>37</sup> verificaram o aumento na concentração de hemócitos na hemolinfa de nutrízes alimentadas com dieta isenta de proteína em comparação com nutrízes alimentadas com pólen e constataram que a atividade da glicose oxidase (um indicador de imunidade social) e massa do corpo gorduroso (um indicador de imunocompetência) dependem diretamente da ingestão de pólen.

#### **4. CONCLUSÃO**

O tratamento de xarope de sacarose com 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *Apis mellifera* é indicado para aumentar a sobrevivência de abelhas nutrízes e estimular o desenvolvimento fisiológico adequado até o sétimo dia após a emersão opercular, quando não houver disponibilidade de mel e pólen em situações de escassez de alimento natural.

## REFERENCIAS

1. Barbosa DB, Crupinski EF, Silveira RN, Limberger DCH. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. *Rev. Elet. Cient. UERGS*. 2017; 3 (4): 694-703.
2. De Groot AP. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica L.*). *Physiologia comp. Oecol.* 1953; 3:197-285.
3. Black J. Honeybee Nutrition: Review of research and practices. Rural Industries Research and Development Corporation. 2006; 06(052): 1-79.
4. Costa, R.A.C. Glândulas Hipofaringeas, in: Cruz-Landim C. A. F. C. (Eds.), *Glândulas Exócrinas das Abelhas*, Funpec, pp.91-110, 2002.
5. Morais MM, Turcatto AP, Pereira RA, Franco TM, Guidugli-Lazzarini KR, Gonçalves LS, Almeida JMV, Ellis JD, De Jong D. Protein levels and colony development of Africanized and European honey bees fed natural and artificial diets. *Genetics and Molecular Research*. 2013; 12 (4): 6915-6922.
6. Simcock N. K., Gray H. E., Wright G. A.. Single amino acids in sucrose rewards modulate feeding and associative learning in the honeybee. *Journal of Insect Physiology*. Elsevier. 2014; 69: 41–48.
7. Paoli PP, Wakeling LA, Wright GA, Ford D. Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Springer*. 2014; 46:1449–1458.
8. Sagili RR., Breece CR. Effects of Brood Pheromone (SuperBoost) on Consumption of Protein Supplement and Growth of Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colonies During Fall in a Northern Temperate Climate. *Entomological Society of America* 2012.
9. Negrão AF, Efeito da sazonalidade no teor proteico e composição de aminoácidos no pólen apícola produzido em Botucatu, estado de São Paulo. [Dissertação]. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2014
10. Howe SR, Dimick PS, Benton. AW. Composition of Freshly Harvested and Commercial Royal Jelly. *Journal of Apicultural Research*. 1985.
11. Speakman JR. *Body Composition Analysis of Animals: A Handbook of Non-Destructive Methods*. Cambridge University. 2001: 242p.
12. Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 1976; 72: 248-254.
13. Hoffman G. D., Chen Y., Huang E, Huang M. H. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera L.*). *Journal of Insect Physiology*. 2010; 56: 1184–1191.
14. Isono K, Morita H. Molecular and cellular designs of insect taste receptor system. *Front Cell Neurosci*. 2010:4.

15. Harris DT, Kallman BR, Scott K. Representations of taste modality in the *Drosophila* brain. *Neuron* 2015; 86:1449-1460.
16. Marella S, Fischler W, Kong P, Asgarian S, Rueckert E, Scott K. Imaging taste responses in the fly brain reveals a functional map of taste category and behavior. *Neuron*. 2006; 49:285-295.
17. Wang ZR, Singhvi A, Kong P, Scott K. Taste representations in the *Drosophila* brain. *Cell*. 2004; 117: 981-991.
18. Miyamoto T, Slone J, Song X, Amrein H. A Fructose Receptor Functions as a Nutrient Sensor in the *Drosophila* Brain. *Cell*. 2012; 151(5), 1113–1125.
19. Silva FMS. Efeitos nutricionais sobre a progressão do desenvolvimento adulto de operárias *Apis mellifera* (hymenoptera: apidae). [Dissertação]. Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. 2015.
20. Glavinic U., Stankovic B., Draskovic V., Stevanovic ., Petrovic T., Lakic N, Stanimirovic Z. Dietary amino acid and vitamin complex protects honey bee from immunosuppression caused by *Nosema ceranae*. *Plos one*. 2017.
21. Dolezal AG, Toth AL. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. *Current Opinion in Insect Science* 2018, 26:114–119.
22. Azeez, OI, Meintjes R, Chamunorwa JP. Fat body, fat pad and adipose tissues in invertebrates and vertebrates: the nexus. *Lipids Health*. 2014; 13: 71.
23. Ament SA, Corona M, Pollock HS, Robinson GE. Insulin signaling is involved in the regulation of worker division of labor in honey bee colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. 2008; 105(11): 4226-4231.
24. Ament SA, Chan QW, Wheeler MM, Nixon SE, Johnson SP, Rodriguez-Zas SL, Foster JL, Robinson GE. Mechanisms of stable lipid loss in a social insect. *The Journal of Experimental Biology*. 2011; 214: 3808-3821.
25. Toth AL, Robinson GE. Worker nutrition and division of labour in honeybees. *Animal Behaviour*. 2005; 69: 427– 435.
26. Basualdo M, Barragán S, Vanagas L., García C, Solana H, Rodríguez E, Bedascarrasbure E. Conversion of High and Low Pollen Protein Diets Into Protein in Worker Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Economic Entomology*. 2012; 106(4): 1553-1558.
27. Wright GA, Nicolson SW, Shafir S. Nutritional Physiology and Ecology of Honey Bees. *Annu. Rev. Entomol*. 2018; 63:327-344.
28. Landim CC. Abelhas - Morfologia e função de sistemas. Ed Unesp. São Paulo. p. 320-328, 2009.

29. Di Pasquale G, Salignon M, Le Conte Y, Belzunces LP, Decourtye A, Kretzschmar A, Suchail S, Brunet JL, Alaux C. Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? PlosOne. 2013.
30. Zahra A, Talal M. Impact of pollen supplements and vitamins on the development of hypopharyngeal glands and on brood area in honey bees. Journal of Apicultural Science. 2008; 52(2).
31. Cremonez TM, Jong D, Bitondi MMG. Quantification of Hemolymph Proteins as a Fast Method for Testing Protein Diets for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology. 1998; 91(6): 1284-1289.
32. Stabler D, Paoli PP, Nicolson SW, Wright GA. Nutrient balancing of the adult worker bumblebee (*Bombus terrestris*) depends on the dietary source of essential amino acids. The Journal of Experimental Biology. 2015; 218: 793-802.
33. Cappelari F.A, Turcatto A.P., Morais M.M., De Jong D. Africanized honey bees more efficiently convert protein diets into hemolymph protein than do Carniolan bees (*Apis mellifera carnica*). Genetics and Molecular Research 8 (4): 1245-1249 (2009)
34. De Grandi-Hoffman G, Chen Y, Huang E, Huang MH. The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). Journal of Insect Physiology. 2010; 1184–1191.
35. Turcatto AP. Desenvolvimento e análise do efeito de dietas proteicas como suplementação nutricional para abelhas *Apis mellifera*. [Dissertação] USP. Ribeirão Preto. 2011.
36. Szymas B, Jędruszek A. The influence of different diets on haemocytes of adult worker honeybees, *Apis mellifera*. Apidologie (2003). 34: 97–102.
37. Alaux C., Ducloz F., Crauser D., Le Conte Y. Diet effects on honeybee immunocompetence, 2010. Biol. Lett., DOI:10.1098/rsbl.2009.0986.

## CAPITULO 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A apicultura enquanto atividade ecológica, econômica e social, enfrenta dificuldades de desenvolvimento com a expansão de áreas urbanas e áreas destinadas a pecuária e monocultura extensiva. Ocorrem também, variações sazonais de oferta de alimento natural, que comprometem a nidificação e sobrevivência de colônias de abelhas, trazendo prejuízos econômicos aos apicultores.

O uso de suplementos contendo carboidratos, aminoácidos e vitaminas é uma alternativa a preservação de *Apis mellifera* em períodos de escassez de alimentos, além de ser um recurso fundamental para manutenção e desenvolvimento de enxames em época de entressafra, pois de forma geral possuem baixo custo de implementação e podem proporcionar melhoras significativas em índices produtivos. A melhora de desempenho observada nas abelhas, tanto a nível populacional, quanto a nível individual, se deve ao aumento do aporte nutricional da dieta, que possibilitou o desenvolvimento adequado de abelhas operárias, tanto em fase nutriz, quanto em fase forrageira.

O suplemento utilizado em período de escassez alimentar, deve ser capaz de proporcionar o desenvolvimento fisiológico adequado da abelha em uma perspectiva ontogênica. A eficácia de utilização do suplemento pode ser explicada por aspectos fisiológicos distintos, porém interligados. Alguns desses aspectos são: o desenvolvimento de glândulas hipofaríngeas - responsáveis pela produção de geleia real; a concentração de proteína na hemolinfa - responsável pelo transporte de nutrientes e anticorpos para todos os tecidos do corpo da abelha; e a deposição de lipídios e proteínas corporais, que fazem inferência ao desenvolvimento tecidual da abelha.

Para avaliação de desempenho produtivo e variáveis fisiológicas em *A. mellifera* em condições experimentais, é importante considerar a grande variabilidade genética que ocorre naturalmente entre diferentes enxames e entre indivíduos do mesmo enxame. Esse fator incorre na necessidade de parâmetros rigorosos para obtenção de amostragens representativas.

De um modo geral, para promover a manutenção e desenvolvimento de enxames de *A. mellifera* em época de entressafra, sugere-se a utilização de xarope contendo 50% de sacarose e 0,5% de aminoácidos essenciais nas proporções das exigências de *A. Mellifera*. Entretanto, ainda são necessários estudos para verificar o efeito de diferentes níveis de inclusão desses aminoácidos e elucidar os mecanismos responsáveis pelas alterações fisiológicas observadas.