



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

JOÃO ANTONIO BARBOSA FILHO

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE LARVAS DE MOSCA DE  
SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens* L.) NA ALIMENTAÇÃO  
DE GALINHAS POEDEIRAS LEVES**

---

Londrina  
2019

**JOÃO ANTONIO BARBOSA FILHO**

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE LARVAS DE MOSCA DE  
SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens* L.) NA ALIMENTAÇÃO  
DE GALINHAS POEDEIRAS LEVES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal (Área de Concentração: Produção  
Animal) da Universidade Estadual de Londrina  
como requisito parcial para a obtenção do título de  
Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Oba

Londrina  
2019

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

Barbosa Filho, João Antonio.

Avaliação da farinha de larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens* L.) NA alimentação de galinhas poedeiras leves / João Antônio Barbosa Filho. - Londrina, 2019.  
130 f.

Orientador: Alexandre Oba.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2019.  
Inclui bibliografia.

1. alimento alternativo - Tese. 2. insetos - Tese. 3. poedeiras - Tese. 4. sustentabilidade - Tese. I. Oba, Alexandre. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

JOÃO ANTONIO BARBOSA FILHO

**AVALIAÇÃO DA FARINHA DE LARVAS DE MOSCA DE SOLDADO  
NEGRO (*Hermetia illucens* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE GALINHAS  
POEDEIRAS LEVES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal (Área de Concentração: Produção  
Animal) da Universidade Estadual de Londrina como  
requisito parcial para a obtenção do título de Doutor.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Alexandre Oba  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Emerson José Venâncio  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Sandra Maria Simonelli  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Simara Marcia Marcato  
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Londrina, 27 de Fevereiro de 2019.

***Dedico:***

*Aos meus pais Leila Maria e João Antonio.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, pela oportunidade de chegar onde cheguei;

Aos meus pais **Leila Maria e João Antonio**, pelo amor, educação, princípios de vida e pela felicidade de todo o apoio durante toda minha vida. Graças a vocês consegui cumprir mais um caminho com sucesso para mais vitórias durante a minha vida;

A toda minha **família** pelo amor, alegria, carinho, união e grande apoio em todos os momentos;

Ao Prof. Dr. **Alexandre Oba**, pela orientação, paciência, amizade e confiança depositada para a realização de desenvolver esta pesquisa;

À **Universidade Estadual de Londrina**, pelo suporte e conhecimento obtido com excelentes professores;

Aos funcionários da Fazenda Escola: **Pedro, Anderson, Hermínio, Chicão e Zé** pela ajuda durante o experimento e amizade;

À **Ellen Jakeline Lopes Ribeiro**, pela amizade, carinho, otimismo e apoio profissional, pois aprendi com você que o valor de uma ideia está na utilidade dela, mesmo que pareça ser loucura.

À empresa **Bug Agentes Biológicos**, em especial para o Dr. **Paulo Cesar Bogorni e João Pisa** pelo apoio na pesquisa;

À empresa **Evonik Degussa**, em especial ao Dr. **Nei André Arruda Barbosa** pelos conselhos e análises realizadas;

Ao grupo de estudo **Genapet**, pela enorme ajuda durante a realização do experimento e pelos momentos de amizade;

Ao professor Dr. **Emerson José Venâncio**, a **Kamilla Falchetti Damasco** e a **Thaysa Amélia Bortoloti Fernandes**, pela amizade, paciência e por toda a dedicação de me ensinarem e explicarem as análises de imunologia.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos;

MUITO OBRIGADO A TODOS!

*“Quando penso que cheguei ao meu limite, descubro que tenho forças para ir além.”*

(Aryton Senna da Silva)

FILHO, João Antonio Barbosa. **Avaliação da farinha de larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens* L.) na alimentação de galinhas poedeiras leves.** 2019. 130 f. (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos dos diferentes níveis de inclusão da farinha de larvas de mosca do soldado negro (FLMSN) sobre imunologia, desempenho, análise sensorial e qualidade dos ovos de galinhas poedeiras comerciais. Foram realizados dois experimentos. No Experimento 1 foi adotado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos, seis repetições e oito aves por parcela experimental. Foram utilizadas 192 poedeiras da linhagem Bovans, com 25 semanas de idade por um período de 63 dias, dividido em três ciclos de 21 dias. Os tratamentos consistiram em quatro níveis de inclusão de FLMSN (0, 3, 6 e 9%). Foram avaliados consumo de ração, porcentagem de postura, peso médio dos ovos, massa dos ovos, conversão alimentar, unidade Haugh, coloração da gema, índice de gema, pH albúmen e gema, porcentagem albúmen, gema e casca, espessura de casca, e quantificação de IgY no soro e na gema dos ovos. A inclusão de FLMSN não afetou ( $P > 0,05$ ) o desempenho e o teor de IgY do soro e gema dos ovos. Em relação à qualidade dos ovos, houve efeito quadrático ( $\hat{Y} = 98,72925 + 0,65364x - 0,07458x^2$ ) para unidade Haugh, com ponto de máximo o nível de 4,38% de FLMSN, efeito linear decrescente ( $\hat{Y} = 65,15 - 0,525185x$ ) para porcentagem de albúmen e aumento linear ( $\hat{Y} = 25,28 + 0,41889x$ ) para porcentagem de gema. Conclui-se que a FLMSN pode ser usada até 9% de inclusão na dieta de poedeiras sem comprometer o desempenho, quantificação de IgY do soro e gema do ovo, entretanto influencia em algumas características de qualidade dos ovos. No experimento 2, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de inclusão de FLMSN e quatro tempos de armazenamento). Na avaliação sensorial dos ovos foi utilizado o teste triangular, com 60 avaliadores não treinados. Objetivou-se nesse experimento avaliar a qualidade de ovos armazenados em diferentes períodos (0, 7, 14 e 21 dias), provenientes de galinhas poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de FLMSN, e uma análise sensorial de ovos de poedeiras submetidas a dietas com 0 e 9% de FLMSN. As análises de qualidade de ovos realizadas foram: perda de peso, gravidade específica, unidade Haugh, índice de gema, coloração da gema, porcentagem de albúmen, gema e casca, pH albúmen e gema e espessura de casca. A inclusão de FLMSN na dieta de aves não alterou as características sensoriais dos ovos. Houve interação significativa entre níveis de FLMSN x períodos de armazenamento sobre unidade Haugh e coloração da gema. Com o aumento dos níveis de FLMSN houve redução linear ( $\hat{Y} = 1,5192 - 0,0168x$ ) na perda de peso e crescente ( $\hat{Y} = 1,0816 + 0,001x$ ) na gravidade específica. Quanto ao tempo de armazenamento dos ovos, verificou-se efeito quadrático para perda de peso ( $\hat{Y} = 0,8262 - 0,0436x + 0,0054x^2$ ), gravidade específica ( $\hat{Y} = 1,0944 - 0,0006x - 0,00003x^2$ ) e índice de gema ( $\hat{Y} = 0,46 - 0,015x + 0,0003x^2$ ). A inclusão de níveis crescente de FLMSN na dieta de aves promoveu aumento linear ( $\hat{Y} = 27,6332 + 0,1040x$ ) na porcentagem de gema e redução ( $\hat{Y} = 62,7101 - 0,1319x$ ) na porcentagem de albúmen. O tempo de armazenamento dos ovos afetou na porcentagem de albúmen e gema. Houve um efeito linear decrescente ( $\hat{Y} = 63,9926 - 0,1787x$ ) para porcentagem de albúmen, enquanto que para a porcentagem de gema houve um efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 26,2477 + 0,1765x$ ). A porcentagem de casca e espessura de casca não tiveram efeito para os tratamentos utilizados. O pH do albúmen e gema dos ovos de poedeiras foi influenciado pelo tempo de armazenamento, sendo que o pH do albúmen dos ovos apresentou efeito quadrático ( $\hat{Y} = 8,1862 + 0,1893x - 0,0060x^2$ ) e o pH da gema efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 5,9102 + 0,081$ ). Conclui-se que a FLMSN apresentou melhora na unidade Haugh e coloração da gema e não influencia no sabor dos ovos.

**Palavras-chave:** Aves. Consumo de ração. Insetos. Proteína. Tempo de armazenamento.

FILHO, João Antonio Barbosa. **Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in the feeding of laying hens**. 2019. 130 p. Thesis (Doctor's Degree in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of different levels of inclusion of black soldier fly larvae meal (BSFLM) on immunology, performance, sensorial analysis and egg quality of commercial laying hens. Two experiments were carried out and in Experiment 1, a completely randomized design (CRD) with four treatments was adopted, with six replicates of eight birds per experimental plot. A total of 192 layer hens of Bovans lineage with 25 weeks age were used for a period of 63 days, divided into three cycles of 21 days. Treatments consisted of four BSFLM inclusion levels (0, 3, 6 and 9%). The aim of this experiment was to evaluate the performance, quantification of antibodies in serum and egg yolk and egg quality. It were available feed intake, egg weight, egg mass, feed conversion, Haugh unit, yolk color, yolk index, albumen and yolk pH, percentage of albumen, yolk, shell and shell thickness, and quantification of antibodies in serum and egg yolk. The inclusion of BSFLM did not affect ( $P>0.05$ ) the performance or the IgY content of serum and yolk of the eggs. Regarding egg quality, there was quadratic effect ( $\hat{Y} = 98.72925 + 0.65364x - 0.07458x^2$ ) with maximum point for the BSFLM level was 4.38% for Haugh unit and linear decreasing effect ( $\hat{Y} = 65.15 - 0.525185x$ ) for albumin percentage and linear increase ( $\hat{Y} = 25.28 + 0.41889x$ ) for yolk percentage. It is concluded that the BSFLM can be used up to 9% inclusion in the laying diet without compromising the performance, quantification of IgY in serum and egg yolk, however it influences some quality characteristics. In experiment 2, a completely randomized design was adopted in a 4 x 4 factorial scheme (inclusion levels of BSFLM and four storages time). In the sensorial evaluation of eggs, the triangular test was used, with 60 untrained evaluators. The objective of this experiment was to evaluate the quality of eggs stored in different periods (0, 7, 14 and 21 days) of laying hens fed different BSFLM inclusion levels and a sensorial analysis of laying hens egg submitted to diets with 0 and 9% BSFLM. The egg quality analyzes were: weight loss, specific gravity, Haugh unit, yolk index, yolk color, percentage of albumen, yolk and shell, albumen and yolk pH and shell thickness. The inclusion of BSFLM in the diet of laying hens did not alter the sensorial characteristics of the eggs. There was significant interaction between BSFLM levels x storage periods on Haugh unit and yolk color. With the increase of BSFLM levels there was a linear reduction ( $\hat{Y} = 1.5192 - 0.0168x$ ) in weight loss and improvement ( $\hat{Y} = 1.0816 + 0.001x$ ) in specific gravity. As for egg storage time, there was a quadratic effect ( $\hat{Y} = 0.8262 - 0.0436x + 0.0054x^2$ ) for weight loss, ( $\hat{Y} = 1.0944 - 0.0006x - 0.00003x^2$ ) specific gravity and ( $\hat{Y} = 0.46 - 0.015x + 0.0003x^2$ ) yolk index. The inclusion of increasing levels of BSFLM in the diets for laying hens promoted a linear increase ( $\hat{Y} = 27.6332 + 0.1040x$ ) in the percentage of yolk and reduction ( $\hat{Y} = 62.7101 - 0.1319x$ ) in the percentage of albumen. Egg storage time affected the percentage of albumen and yolk. According to the regression analysis there was a linear decreasing ( $\hat{Y} = 63.9926 - 0.1787x$ ) effect for percentage of albumen, while for the percentage of yolk there was an increasing ( $\hat{Y} = 26.2477 + 0.1765x$ ) linear effect. The percentage of shell and shell thickness had no effect for the treatments used. The pH of the albumen and egg yolk of laying hens was influenced by the storage time, and the pH of the eggs albumen showed quadratic effect ( $\hat{Y} = 8.1862 + 0.1893x - 0.0060x^2$ ) and the pH of the yolk increasing linear effect ( $\hat{Y} = 5.9102 + 0.081$ ). It is concluded that BSFLM shows improvements in egg quality and does not influence egg flavor.

**Keywords:** Birds. Feed intake. Insects. Protein. Storage time.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Valor energético de insetos.....	20
Tabela 2 –	Porcentagem de proteína bruta (PB) de diferentes farinhas de insetos.....	21
Tabela 3 –	Composição de aminoácidos (g/100g) em matéria seca de diferentes insetos .....	22
Tabela 4 –	Composição de ácidos graxos de alguns insetos .....	23
Tabela 5 –	Coefficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, EMA e EMAn da farinha de <i>Hermetia illucens</i> e <i>Tenebrio molitor</i> em frangos de corte .....	27
Tabela 6 –	Coefficientes de digestibilidade ileal de aminoácidos de farinha de <i>Hermetia illucens</i> e <i>Tenebrio molitor</i> em frangos de corte .....	28

### **ARTIGO 1 – Desempenho, qualidade e quantificação de IgY de soro e gema de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*)**

Tabela 1 –	Composição de farinha de mosca de soldado negro ( <i>Hermetia illucens</i> ) não desengordurada (% em matéria seca).....	79
Tabela 2 –	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações.....	80
Tabela 3 –	Desempenho zootécnico de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (FLMSN) .....	81
Tabela 4 –	Valores relativos dos componentes de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de moscas de soldado negro (FLMSN) .....	81
Tabela 5 –	Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (FLMSN) .....	82
Tabela 6 –	Quantificação de IgY do soro e gema de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (FLMSN) .....	82

**ARTIGO 2 – Impacto da inclusão da farinha de larva de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*) sobre características qualitativas de ovos de poedeiras comerciais durante o armazenamento**

Tabela 1 –	Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações .....	98
Tabela 2 –	Médias de perda de peso (PP), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG) e espessura de casca (EC) de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de FLMSN estocados em diferentes períodos .....	99
Tabela 3 –	Desdobramento da interação entre níveis de inclusão da farinha de larvas de mosca de soldado negro e tempo de armazenamento para unidade Haugh .....	99
Tabela 4 –	Desdobramento da interação entre níveis de inclusão da FLMSN e tempo de armazenamento sobre a coloração da gema de ovos.....	99
Tabela 5 –	Médias de porcentagem de albúmen (PA), gema (PG) e casca (PC) de ovos de poedeiras alimentadas com níveis de FLMSN estocados em diferentes períodos de armazenamento.....	100
Tabela 6 –	Médias de pH de albúmen e gema de ovos de poedeiras alimentadas com níveis de FLMSN estocados em diferentes períodos .....	100

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Processamentos para obtenção da farinha de inseto.....	19
<b>Figura 2</b> – Representação esquemática de alguns mecanismos de AMPs membrana-ativos .....	31
<b>Figura 3</b> – Ciclo de vida da mosca do soldado negro .....	33
<b>Figura 4</b> – Larva de mosca de soldado negro .....	34
<b>Figura 5</b> – Larva de mosca de soldado negro desidratada .....	34
<b>Figura 6</b> – Visão lateral da mosca do soldado negro ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	35
<b>Figura 7</b> – Viveiro para criação de <i>Hermetia illucens</i> .....	36
<b>Figura 8</b> – Área de reprodução e oviposição .....	36
<b>Figura 9</b> – Célula de degradação de resíduos e engorda de imaturos <i>Hermetia illucens</i> .....	37

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Grau Celsius
CG	Coloração da Gema
cm	Centímetro
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
EC	Espessura de casca
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FLMSN	Farinha de larvas de mosca de soldado negro
G	Gramas
GE	Gravidade específica
IG	Índice de Gema
IPIFF	Plataforma Internacional dos Insetos para Alimentação Humana e Animal
Kg	Quilograma
Log	Logaritmo
M	Metro
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
mm	Milímetro
n°	Número
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Porcentagem de albúmen
PC	Porcentagem de casca
PG	Porcentagem de gema
pH	Potencial hidrogênico
PP	Perda de peso
UH	Unidade Haugh

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	17
2.1.	Legislação e uso de insetos na nutrição animal.....	17
2.2.	Características nutricionais dos insetos.....	18
2.2.1.	Valor energético .....	19
2.2.2.	Proteína bruta .....	20
2.2.3.	Aminoácidos.....	21
2.2.4.	Lipídios.....	23
2.2.5.	Fibra.....	24
2.2.6.	Vitaminas.....	25
2.2.7.	Minerais.....	26
2.2.8.	Digestibilidade.....	26
2.2.9.	Peptídeos antimicrobianos (AMPs).....	30
2.2.9.1.	Mecanismo de ação dos AMPs .....	30
<b>3.</b>	<b>MOSCA DO SOLDADO NEGRO</b> .....	32
3.1.	Criação da mosca.....	35
<b>4.</b>	<b>INFLUÊNCIA DA FARINHA DE LARVAS DE MOSCA DO SOLDADO NEGRO SOBRE DESEMPENHO DE POEDEIRAS</b> .....	37
<b>5.</b>	<b>QUALIDADE DOS OVOS DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM FARINHA DE LARVAS DE MOSCA DO SOLDADO NEGRO</b> .....	39
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	41
<b>6.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	56
6.1.	Objetivo geral.....	56
6.2.	Objetivos específicos.....	56

<b>7.</b>	<b>ARTIGO 1 – Desempenho, qualidade e quantificação de IgY de soro e gema de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>).....</b>	<b>57</b>
	Resumo.....	59
	Introdução.....	60
	Material e Métodos.....	61
	Resultados e Discussão.....	66
	Conclusão.....	70
	Referências.....	70
<b>8.</b>	<b>ARTIGO 2 – Impacto da inclusão da farinha de larva de mosca de soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>) sobre características de ovos de poedeiras comerciais durante o armazenamento .....</b>	<b>83</b>
	Resumo.....	85
	Introdução.....	85
	Material e Métodos.....	86
	Resultados e Discussão.....	89
	Conclusão.....	92
	Referências.....	94
<b>9.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>101</b>
	Anexo A – Parecer de Aprovação da Comissão Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina .....	103
	Anexo B – Parecer de Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos.....	104
	Anexo C – Normas para publicação no periódico Poultry Science .....	107
	Anexo D – Normas para publicação no periódico Asian-Australasian Journal of Animal Sciences.....	118

## 1. INTRODUÇÃO

A avicultura de postura brasileira se desenvolveu muito nos últimos anos, sendo posicionada em oitavo lugar no ranking entre os maiores produtores mundiais (AMARAL *et al.*, 2016). Em 2018 a produção industrial de ovos brasileira foi de aproximadamente 44,2 bilhões de unidades, somado a isto, verificou-se que o consumo *per capita* foi de 212 unidades por ano, apresentando uma alta de 10,4% em comparação a 2017 (ABPA, 2018).

Entre os motivos para esse comportamento, justifica-se pelo ovo ser um alimento essencial na dieta humana e considerado como alto valor biológico (ALMEIDA *et al.*, 2019). Além disso, é um alimento com preço acessível para o consumidor de menor poder aquisitivo, sendo que as características físicas e químicas do ovo podem influenciar o seu grau de aceitabilidade no mercado e também agregar valor ao produto comercializado (PASCHOAL *et al.*, 2008; FREITAS *et al.*, 2011).

A qualidade do ovo é uma medida das características desejadas e valorizadas pelos consumidores, sendo percebida pelos atributos sensoriais, nutricionais, tecnológicos, sanitários e éticos (ALLEONI; ANTUNES, 2001). Em frente a isto, se faz necessário o uso de medidas que possam proporcionar melhora na qualidade externa e interna dos ovos. Cabe assim ressaltar que a nutrição representa aproximadamente 70% dos custos de produção (AL-QAZZAZ *et al.*, 2016;) e dependendo dos nutrientes utilizados, pode-se melhorar a qualidade dos ovos.

Em consideração aos alimentos utilizados nas dietas de poedeiras comerciais, Neves *et al.* (2017) relatam que as granjas de postura tiveram grandes dificuldades econômicas nos últimos anos. A causa dessa instabilidade deve-se à disponibilidade de milho e farelo de soja, em função de sofrerem variações em função da época do ano (PARENTE *et al.*, 2014), pelo regime de chuvas, radiação solar e altas temperaturas (SANS; GUIMARÃES, 2008).

Em virtude do aumento do consumo de ovos e da expectativa do consumidor em relação à qualidade deste produto, a busca por alternativas para melhorar o produto final, o ovo, por meio do que é fornecido às poedeiras é de suma relevância, atendendo as exigências nutricionais dos animais, sem interferir no desempenho.

Neste cenário, os recursos primários para transformação das fontes vegetais em proteína animal deverão tornar-se mais caros e mais escassos. Paralelamente, o aumento de produção agrícola é questionado por utilizar os recursos hídricos e, por vezes, requerer mais áreas naturais para sua expansão. Neste sentido, a utilização de fontes alimentares alternativas tem sido evidenciada ultimamente, destacando-se, entre outras, as farinhas derivadas de

insetos (FINKE, 2002; PREMALATHA *et al.*, 2011; VELDKAMP *et al.*, 2012; HALLORAN; VANTOMME, 2013; MAKKAR *et al.*, 2014; HENRY *et al.*, 2015; BARBOSA FILHO *et al.*, 2018), sendo estas especialmente identificadas com a alimentação das aves, um produto na qual esta espécie naturalmente tem em sua cadeia alimentar (AL-QAZZAZ *et al.*, 2016).

Aliado a isto, os insetos são fontes nutricionais que detém potencial como alimento (HELM *et al.*, 1990), visto que são consideradas ricas fontes proteicas (ATTEH; OLOGBENLA, 1993; HWANGBO *et al.*, 2009), lipídicas (RUMPOLD; SCHLUTER, 2013a), de aminoácidos essenciais (DE MARCO *et al.*, 2015), vitaminas (CHEN; FENG; CHEN, 2009), fibras, minerais (MAKKAR *et al.*, 2014), podendo ter ação prebiótica (BORRELLI *et al.*, 2017) e benefícios na saúde e bem-estar das aves (JÓZEFIAK; ENGBERG, 2015) por apresentaram peptídeos antimicrobianos (defensinas), chamados de antibióticos naturais (JÓZEFIAK *et al.*, 2016).

Cabe ressaltar ainda, que além das características nutricionais, a utilização de insetos pode ser justificada pela baixa produção de gases de efeito estufa (OONINCX *et al.*, 2010), produção em pequena área (DOBERMANN; SWIFT; FIELD, 2017), alta taxa de crescimento, apresenta eficiência de conversão alimentar (HALLORAN; VANTOMME, 2013), rápida reprodução, ciclo de vida curto (CARVALHO *et al.*, 2016) e impacto ambiental positivo, pois atuam através do processo de bioconversão, no qual utilizam resíduos orgânicos, produzindo como produtos finais ingredientes naturais de alto valor para alimentação dos animais de produção (VELDKAMP *et al.*, 2012; NGUYEN; TOMBERLIN; VANLAERHOVEN, 2015).

Considerando a importância do assunto, com a preocupação de alimentos alternativos para nutrição animal com apelo a sustentabilidade e ao potencial da indústria processadora de ovos no Brasil e mundial, justifica-se plenamente a necessidade de novas investigações científicas para confirmar os achados de outros pesquisadores, bem como contribuir com novas informações que possam resultar em benefícios para o segmento de postura comercial, o qual engloba as unidades produtoras e as indústrias de processamento de ovos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Legislação e uso de insetos na nutrição animal

A inserção dos insetos como alimento alternativo na nutrição animal vem crescendo e ganhando cada vez mais interesse. No entanto, segundo o *Codex Alimentarius* (referência internacional humana e animal organizado pela FAO e OMS), ainda não há um padrão estabelecido destes produtos para uso como alimento. Como consequência, segue em curso uma série de propostas, que deverão evoluir para legislações específicas, para a indicação de normas de uso destes (ALEGRETTI, 2017).

Alguns países europeus como o Reino Unido e a Holanda, aliados às instituições públicas e privadas, buscam desobstruir estas limitações por meio de legislações e pesquisas, estabelecendo os requerimentos demandados e as regulamentações exigidas para atender toda a cadeia de produção e de processamento dos insetos (ALEGRETTI, 2017).

As principais preocupações sobre a utilização dos insetos na alimentação animal advêm do sistema de criação e do tipo de substrato empregado para alimentá-los (vegetais, resíduos orgânicos ou dejetos de animais, entre outros). Em 2016, a International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF), uma organização sem fins lucrativos que representa os interesses da indústria de insetos, composta por 27 companhias, sugeriu a liberação da proteína de insetos criados exclusivamente em substrato vegetal para uso na aquicultura. Para a IPIFF, quando os insetos são alimentados com substratos permitidos, a possibilidade de ocorrência de danos microbiológicos é mínima, comparável a qualquer outra fonte proteica de origem animal (PROTEINSECT, 2016).

Na sequência deste cenário de prospecção do uso destes ingredientes para as rações de animais de produção, a Comissão da União Europeia que regulamenta estas questões promulgou a autorização (2017/893) em maio de 2017, que trata da utilização de insetos como fonte de proteínas animais transformadas de não ruminantes apenas para espécies vinculadas à aquicultura. Todavia, há neste sentido, um grande otimismo que em 2019 a Europa também referende sua utilização na alimentação de aves e suínos.

No Brasil, o Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) não dispõe de uma legislação específica para este tema. Por outro lado, empresas brasileiras (Nutrinsecta e BUG) atuam junto ao MAPA para a elaboração de normas de produção e processamento para o uso de insetos desidratados para alimentação de aves e suínos no país (ALEGRETTI, 2017).

## 2.2 Características nutricionais dos insetos

Os insetos apresentam como características nutricionais, proteínas (BOVERA *et al.*, 2015; AKHTAR; ISMAN, 2018), aminoácidos (AL-QAZZAZ; ISMAIL, 2016), lipídios (KOURIMSKA; ADAMKOVA, 2016), fibra (RUMPOLD; SCHLUTER, 2013b), minerais (VAN HUIS *et al.*, 2013) e vitaminas (FINKE, 2004).

No entanto, considerando a ampla diversidade de espécies de insetos que podem ser empregadas na nutrição animal, é naturalmente distinto o valor nutricional que estes “produtos” detêm. Mesmo dentro de uma mesma espécie, os valores nutricionais podem mostrar grandes diferenças, sendo estas decorrentes da fase nas quais estes insetos se encontram (LIU *et al.*, 2017), da característica de seu habitat (VAN HUIS, 2003; MAKKAR *et al.*, 2014), da composição dos meios de crescimento utilizados para a produção (RAMOS-ELORDUY *et al.*, 2002; JUCKER *et al.*, 2017) e processamento (VELDKAMP *et al.*, 2012).

Entre as espécies de insetos que habitam o mundo, as que estão sendo avaliadas na nutrição animal são a larva do besouro *Tenebrio molitor*, larva e pupa da mosca doméstica (*Musca domestica*), mosca do soldado negro (*Hermetia illucens*) e insetos das famílias pertencentes à ordem Orthoptera, incluindo gafanhotos e grilos. Além desses, insetos da ordem Blattodea, como baratas americana (*Periplaneta americana*), alemã (*Blattella germanica*) e asiática (*Blattella asahinai*) também são candidatos interessantes (HELM *et al.*, 1990).

Segundo Alegretti (2017), os insetos podem fazer parte da ração por meio do processamento integral do animal, mas, já existem técnicas que permitem o fracionamento destes para uma análise mais precisa do conteúdo nutricional (tipos de aminoácidos, vitaminas e minerais) e sua destinação mais específica nas dietas, conforme esquematizado na Figura 1.

Com o objetivo de aumentar o teor proteico das rações destinadas à nutrição animal, diversas técnicas de extração lipídica podem ser utilizadas como o uso de solventes orgânicos ou por meio de técnicas alternativas já empregadas em produtos de origem animal, como na indústria de peixes, no qual obtém-se por cozimento e pressão (VELDKAMP *et al.*, 2012) e de origem vegetal, como o farelo de soja que é realizada por prensa mecânica (RAMALHO; SUARES, 2013).

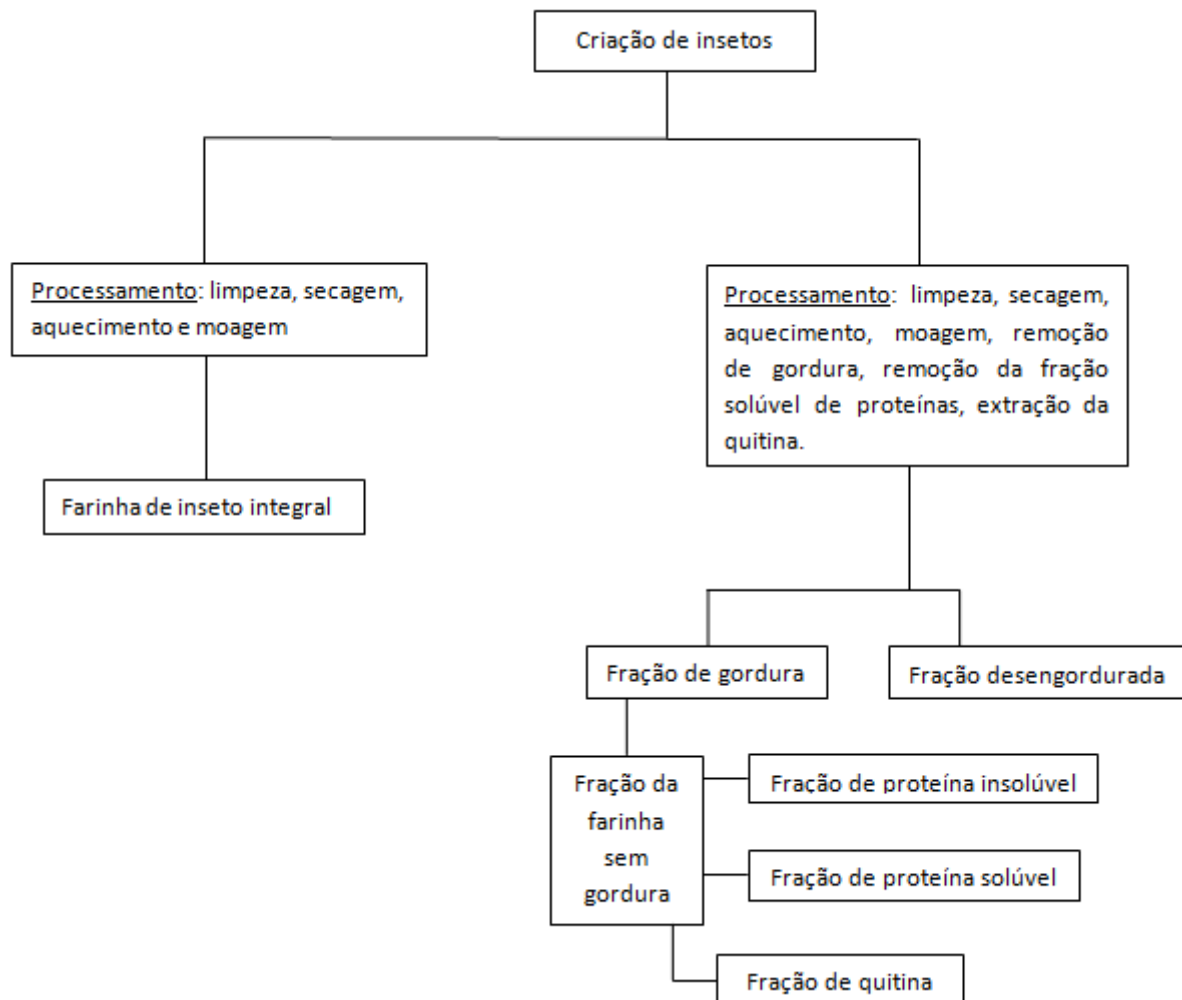


Figura 1. Processamentos para obtenção de farinha de insetos.  
Fonte: Adaptado de Alegretti (2017).

### 2.2.1 Valor Energético

De acordo com Kourimska e Adamkova (2016) o valor energético dos insetos depende principalmente da composição do teor de gordura. Larvas ou pupas geralmente apresentam maior quantidade quando comparado a adultos (KOURIMSKA; ADAMKOVA, 2016). Por outro lado, espécies de insetos que possuem alto teor de proteína e apresentam menor conteúdo energético (BEDNARÓVA, 2013). Ramos-Elorduy *et al.* (1997) analisaram 78 espécies de insetos e calcularam o valor calórico entre 293 até 762 kcal por 100 g de matéria seca. Gahukar (2016) verificou que os insetos (criados em subprodutos orgânicos que proviam 288-575 kcal/100g) apresentam aproximadamente 217-777 kcal/100 g. A Tabela 1 mostra os valores energéticos de algumas espécies de insetos selecionados, expressos em kcal por 100 g de peso vivo. Observando os valores energéticos de insetos da Tabela 1, verifica-se que as

espécies de insetos apresentam grande diferença, no qual para a espécie *Bombyx mori* na fase de pupa proporciona um teor energético de 94 kcal/100g enquanto que para a espécie *Atta mexicana* na fase adulta possui um valor energético de 404 kcal/100g, isso corresponde a uma diferença de aproximadamente 76,23%.

Tabela 1. Valor energético de insetos

<b>Nome científico</b>	<b>Fase</b>	<b>Valor energético (kcal/100g)</b>
<i>Tenebrio molitor</i>	Adulto	138
<i>Tenebrio molitor</i>	Larva	206
<i>Gryllus bimaculatus</i>	Adulto	120
<i>Bombyx mori</i>	Pupa	94
<i>Atta mexicana</i>	Adulto	404

Fonte: Van Huis *et al.* (2013).

### 2.2.2. Proteína Bruta

Dentre os critérios mais importantes avaliados pela composição centesimal destaca-se a porcentagem de proteína, tendo a finalidade de considerar o uso do alimento para nutrição animal (MCDONALD *et al.*, 2002; SÁNCHEZ-MUROS; BARROSO; MANZANO-AGUGLIARO, 2014). Em relação a essa característica, Conconi; Rodríguez; Moreno (1984), Guevara *et al.* (1995) e Ogunji *et al.* (2007) afirmam que os insetos em geral possuem uma quantidade e qualidade elevada de proteína.

Dentre os processos industriais de processamento de alimentos, existe o método de extração de gordura. Segundo Sheppard *et al.* (2007), a redução do teor de gordura na farinha de insetos pode aumentar em até 60% o teor de proteína bruta. Outras vantagens de desengordurar é que pode reduzir-se o risco de oxidação lipídica (ZHENG *et al.*, 2013), permitindo um maior tempo de vida de prateleira do produto (COCKCROFT, 2018).

Tabela 2. Porcentagem de proteína bruta (PB) de diferentes farinhas de insetos

Inseto	Fase	Processamento	PB (%)	Referências
Besouro tenebrio	Larva	Não desengordurada	46,4	Ravzanaadii <i>et al.</i>
Besouro tenebrio	Adulto	Não desengordurada	63,3	(2012)
Mosca do soldado negro	Larva	Desengordurada	56,1	Mwaniki <i>et al.</i> (2018)
Mosca do soldado negro	Larva	Desengordurada	61,3	Marono <i>et al.</i> (2017)
Mosca do soldado negro	Larva	Não desengordurada	35,9	Driemeyer (2016)
Gafanhoto	Adulto	Não desengordurada	64,4	Rumpold <i>et al.</i> (2013)
Mosca doméstica	Larva	Não desengordurada	59,8	Hussein <i>et al.</i> (2017)

Fonte: autor

Além do processo de desengorduramento, outro fator que também influencia na composição proteica da farinha de insetos é o substrato que é fornecido como alimento a esses animais. Spranghers *et al.* (2017), ao avaliarem a composição nutricional da mosca do soldado negro criadas com diferentes substratos (biofertilizante, ração de frango, resíduos de restaurante e resíduos vegetais), encontraram os seguintes valores de proteína bruta 246, 175, 157 e 86 g/kg respectivamente.

### 2.2.3. Aminoácidos

Ao invés de uma exigência de proteína bruta, os animais monogástricos possuem exigências de aminoácidos específicos (TELES *et al.*, 2011). Caso não seja atendido essas necessidades nutricionais, provavelmente o retorno econômico da atividade será prejudicado, visto que o conteúdo super ou subestimado de aminoácido da dieta não permite que o animal expresse todo o seu potencial produtivo, seja para produção de carne e/ou ovos (ALBINO *et al.*, 1992).

Assim, a fim de determinar a qualidade de uma proteína é preciso avaliar a composição específica dos aminoácidos da fonte, especialmente o equilíbrio entre os aminoácidos essenciais e não-essenciais (CONCONI *et al.*, 1984).

Considerando a composição de aminoácidos nos insetos, verifica-se que há um número de aminoácidos nutricionalmente valiosos em elevados níveis (KOURIMSKA; ADAMKOVA, 2016), sendo ponderados como fontes de aminoácidos essenciais (MAKKAR *et al.*, 2014; VAN BROEKHOVEN *et al.*, 2015; De MARCO *et al.*, 2015). De Marco *et al.* (2015) afirmam que as farinhas de insetos derivada de *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens* são fontes valiosas de aminoácidos essenciais para frangos de corte. Na Tabela 3 está

demonstrada a composição de aminoácidos de alguns insetos. Em comparação com o farelo de soja, o *Hermetia illucens*, contém quantidades menores e maiores de nutrientes, com exceção do triptofano, que é deficiente na fase de larva, e isoleucina, lisina, triptofano, que são deficientes na fase pré-pupa (LINDER, 2018).

Tabela 3. Composição de aminoácidos (g/100g) em matéria seca de diferentes insetos

Aminoácidos	Larva da mosca do soldado negro	Grilo doméstico	Farinha de pupa de crisálida	Farinha de pupa de crisálida (desengordurada)
<b>Essencial</b>				
Metionina	13,13	8,75	21,88	18,75
Cistina	0,63	5,00	6,25	5,00
Valina	51,25	31,88	34,38	30,63
Isoleucina	31,88	27,50	31,88	24,38
Leucina	49,38	61,25	46,88	36,25
Fenilalanina	32,50	18,75	32,50	27,50
Tirosina	43,13	32,50	36,88	34,38
Histidina	18,75	14,38	16,25	16,25
Lisina	41,25	33,75	43,75	38,13
Treonina	23,13	22,50	31,88	30,00
Triptofano	3,13	3,75	5,63	8,75
<b>Não essencial</b>				
Serina	19,38	28,75	31,25	28,13
Arginina	35,0	38,13	35,00	31,88
Ácido glutâmico	68,13	65,00	86,88	51,88
Ácido aspártico	68,75	48,13	65,00	48,75
Prolina	41,25	35,00	32,50	32,50
Alanina	48,13	55,00	36,25	27,50

Fonte: Makkar *et al.* (2014).

Quanto a composição nutricional da mosca do soldado negro criadas com diferentes substratos, Spranghers *et al.* (2017) encontraram que os aminoácidos essenciais mais prevalentes na biomassa das pré-pupas foram a lisina, a valina e a arginina, com níveis entre 20 e 30 g/kg de matéria seca. Apesar das diferenças substanciais na composição de aminoácidos dos substratos, as diferenças no teor de aminoácidos das pré-pupas criadas em diferentes substratos eram pequenas. Os níveis de lisina estavam entre 23,4 e 25,7 g/kg de matéria seca e todas as amostras continham treonina entre 15,4 e 16,8 g/kg de matéria seca. O conteúdo de isoleucina e valina variaram de 17,2 a 19,1 g/kg e de 24,1 a 28,2 g/kg na matéria seca, respectivamente. Os níveis para a metionina estavam entre 7,1 a 8,6 g/kg na matéria seca, 5,4 a 6,7 g/kg para o triptofano e de 19,9 a 20,3 g/kg matéria seca para arginina.

## 2.2.4 Lipídios

Determinar o perfil lipídico da gordura dos insetos é importante, uma vez que o lipídio atende as exigências nutricionais dos ácidos graxos essenciais ou atuam em diversas funções biológicas. Por outro lado, a composição final do lipídio de uma dieta afeta a qualidade e as propriedades do produto final (AL-QAZZAZ; ISMAIL, 2016).

O teor de gordura (Tabela 4) encontrado em insetos é extremamente variável e depende do tipo da dieta. Para larvas de mosca de soldado negro alimentadas com resíduos de aves, encontrou-se valores de 15-25% (ARANGO GUTIERREZ *et al.*, 2004), 28% para resíduos de suínos (NEWTON *et al.*, 2005), 35% para resíduos bovinos (NEWTON *et al.*, 1997) e 42-49% em resíduos de comida ricos em óleos (BARRY, 2004).

A composição de ácidos graxos também é influenciada pela dieta. Os lipídios de larvas de mosca de soldado negro nutridas com resíduo bovino continha 21% de ácido láurico, 16% ácido palmítico, 32% de ácido oleico e 0,2% de ácidos graxos ômega-3, enquanto isto, as larvas alimentadas numa proporção de 50% de vísceras de peixe e 50% de resíduo bovino continha, 43%, 11%, 12% e 3%, respectivamente, e o teor total de lipídios aumentou de 21% para 30% na matéria seca. Logo, nutrir larvas de mosca de soldado negro com uma dieta feita de resíduos contendo ácido graxo ômega-3 é uma maneira de enriquecer a biomassa final (ST-HILAIRE *et al.*, 2007b).

Entre os ácidos graxos essenciais para galinhas poedeiras, o ácido linoleico possui uma exigência nutricional de 1,1% na matéria seca (LINDER, 2018). De acordo com Liu *et al.* (2017), a larva de *Hermetia illucens* possui 2,0% de ácido linoleico na matéria seca, já na fase pré-pupa a quantidade varia de 0,7-7,1% (JUCKER *et al.*, 2017; SPRANGHERS *et al.*, 2017).

Tabela 4. Composição de ácidos graxos de alguns insetos na matéria seca

Ácidos graxos	Ácidos graxos (%)		
	<i>Tenebrio molitor</i>	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Acheta domestica</i>
Ácido Láurico C12:0	0,5 ± 0,5	36,37	-
Ácido Mirístico C14:0	4,0 ± 2,1	6,25	0,7
Ácido Palmítico C16:0	21,1 ± 6,7	14,71	23,4
Ácido Palmitoleico C16:1	4,0 ± 1,8	2,01	1,3
Ácido Esteárico C18:0	2,7 ± 0,4	2,37	9,8
Ácido Oleico C18:1	37,7 ± 8,7	16,13	23,8
Ácido Linoleico C18:2	27,4 ± 4,0	19,33	38,0
Ácido Linolênico C18:3	1,3	0,15	1,2

Fonte: Finke (2002), Jones *et al.* (1972), Hwangbo *et al.* (2009), Odesanya *et al.* (2011), Pretorius (2011), Li *et al.* (2016)

Em consideração ao perfil de ácidos graxos presentes em pré-pupas de mosca do soldado negro, Spranghers *et al.* (2017), Finke (2013) e Ushakova *et al.* (2016) identificaram que o ácido láurico (C12:0) tinha o maior teor, 60%, 42% e 38,43% do total de ácidos graxos, respectivamente. O ácido láurico é conhecido por possuir efeito antiviral e atividade antibacteriana (LIEBERMAN *et al.*, 2006; HUANG *et al.*, 2011). Outra característica apresentada do ácido láurico é o potencial nutracêutico contra *Clostridium perfringens* (SKRIVANOVA *et al.*, 2006). Spranghers *et al.* (2017) ainda afirmam que o C12:0 gera menor impacto nos Lactobacilos benéficos, e isto otimiza o desempenho e a saúde de suínos e aves pela mudança da microbiota na parte superior do intestino delgado, que é dominada por bactérias gram-positivas.

### 2.2.5 Fibra

Outro componente muito importante na composição dos insetos é a fibra, que está presente no exoesqueleto em forma de quitina (VAN HUIS *et al.*, 2013). De acordo com Finke (2007), os insetos possuem entre 11,6 a 137,2 mg quitina/kg corporal. A quitina e seus derivados (quitosanas) são componentes que vêm despertando o interesse de pesquisadores em razão de seus efeitos positivo sobre o estímulo celular do sistema imune inato (LEE *et al.*, 2008), detendo ação antioxidante, antimicrobianas e hipocolesterolêmicos, quando utilizado como aditivo alimentar para aves (ŚWIĄTKIEWICZ *et al.*, 2015).

Khempaka *et al.* (2011), ao qual adicionaram na alimentação de frangos de corte quitina proveniente de camarões, observaram que esta inibiu o crescimento dos patógenos transmitidos por alimentos, como *Escherichia coli* e *Salmonella* no intestino. Em outra pesquisa conduzida por Islam e Yang (2017), no qual forneceu farinha de *Tenebrio molitor* e *Zophobas morio* fermentada (obtida pela fermentação com *Lactobacillus plantarum* e *Saccharomyces cerevisiae*) para pintos de corte, verificaram que houve redução cecal de *E. coli* e *Salmonella spp.* e aumento nos níveis de IgG e IgA. Segundo os autores, a redução de organismos patogênicos foi explicada como um efeito sinérgico entre a quitina e os probióticos, levando os autores a afirmarem que os probióticos larvais poderiam ser usados como uma alternativa aos antibióticos.

Um fator importante que influencia na ação da quitina é o processamento da farinha, Borrelli *et al.* (2017), utilizando a farinha de *Hermetia illucens* desengordurada, notaram um

efeito prebiótico quando o nível de inclusão do inseto foi de 18,8% na dieta de poedeiras, correspondendo ao consumo diário de 1,02g de quitina.

Outros fatores que também merecem importância para o teor de quitina são os subprodutos fornecidos às larvas para sua nutrição. Subprodutos de cereais consistem em 5% e 7% de quitina na matéria seca, dependendo do grau de desengorduramento (SCHIAVONE *et al.*, 2017). O nível de quitina em pré-pupas é de cerca de 6-9% em matéria seca (DIENER *et al.*, 2009; CUTRIGNELLI *et al.*, 2017; SPRANGHERS *et al.*, 2017). Observou-se um nível de cerca de 6-7% de quitina na matéria seca, sem diferenças significativas entre os pré-pupas criadas em diferentes substratos, biofertilizante, ração de galinha, e resíduos vegetais da indústria e restaurante (SPRANGHERS *et al.*, 2017).

Por outro lado, são necessárias mais pesquisas em relação às concentrações de quitina na nutrição de aves. Longvah *et al.* (2011) verificaram que altas concentrações de quitina presentes no exoesqueleto de insetos influenciam negativamente o consumo de ração e interferem no uso de proteínas. O teor de quitina provavelmente está relacionado à fase de vida de *Hermetia illucens*, no qual há maior esclerotização cuticular em pupas do que larvas, o que acarreta menor digestibilidade das pupas (BOSCH *et al.*, 2014). Embora os frangos tenham demonstrado produzir quitinase no proventrículo e hepatócitos (SUZUKI *et al.*, 2002), a digestibilidade da quitina parece ser limitada (HOSSAIN; BLAIR, 2007), particularmente em aves jovens (IJAIYA; EKO, 2009).

### **2.2.6. Vitaminas**

Devido ao tema, ser ainda recente, há poucos registros na literatura a respeito das vitaminas oriundas de insetos (LINDER, 2018), embora seja reconhecido que estes contêm uma grande variedade de vitaminas lipofílicas (XIAOMING *et al.*, 2010; FINKE, 2004; FINKE, 2002, OONINCX; DIERENFELD, 2012). Bukkens (2005) listou uma variedade de insetos e verificou a presença de tiamina em todos, com níveis variando de 0,1 a 0,4 mg por 100 g de matéria seca. A riboflavina em insetos apresenta os teores de 0,11 a 8,9 mg por 100g. Em *Tenebrio molitor* verificou-se teores da vitamina B12 de 0,47µg/100g, enquanto que para o grilo doméstico (*Acheta domestica*) adulto o valor de 5,4 µg/100g e 8,7 µg/100g em ninfas. No entanto, muitas outras espécies que foram analisadas contêm quantidades insignificantes desta vitamina (FINKE, 2002; BUKKENS, 2005).

### 2.2.7. Minerais

Os insetos podem ser considerados interessantes em termos de conteúdo nutricional de minerais, como ferro, zinco, potássio, sódio, cálcio, fósforo, magnésio, manganês e cobre (VAN HUIS *et al.*, 2013). Em questão a quantidade de micro e macro-elementos, Johson e Peniston (1982) e No; Meyers e Lee (1989) relatam que a maioria dos insetos contém quantidades mínimas, entretanto, algumas espécies como a pupa da mosca da face (*Musca autumnalis*) e larvas da mosca do soldado negro (*Hermetia illucens*) contêm uma quantidade significativa de cálcio na sua cutícula (DASHEFSKY *et al.*, 1976; ROSELAND *et al.*, 1985; TOMBERLIN; SHEPPARD; JOYCE, 2002). De Marco *et al.* (2015) e Józefiak *et al.* (2016) verificaram que as larvas da mosca do soldado negro fornecem substancialmente mais cálcio do que os demais insetos. Segundo Driemeyer (2016), a larva da mosca de soldado negro possui a seguinte composição mineral em matéria seca (g/kg): 75,6 de cálcio, 9 de fósforo, 6,9 de potássio, 1,3 de sódio, 3,9 de magnésio, 0,246 de manganês, 0,108 de zinco, 0,006 de cobre e 1,370 de ferro.

Todavia, deve-se ter atenção, pois os insetos podem acumular compostos químicos perigosos no corpo, como metais pesados (HANDLEY *et al.*, 2007; ZHUANG *et al.*, 2009). Por outro lado, pesquisa conduzida por Hyun *et al.* (2012) em gafanhotos (*Oxya chinensis formosana*) encontraram baixo teores de metais pesados, mostrando este ser seguro para o consumo humano.

### 2.2.8. Digestibilidade

Em consideração à digestibilidade da proteína de insetos para nutrição animal, há dados muito limitados disponíveis. A principal razão pela qual não foram publicados trabalhos sobre a digestibilidade com insetos como ingredientes das dietas de galinhas poedeiras, deve-se às restrições legais que impedem o uso de proteína de inseto em alimentos para animais destinados ao consumo humano em muitos países (BELLUCO *et al.*, 2013; VANTOMME, 2015).

A digestibilidade e o valor nutricional dos insetos dependem das espécies a serem utilizadas, podendo variar de 50 até 96% de proteína bruta na matéria seca (RAMOS-ELORDUY *et al.* 1997; SCHABEL, 2010). Estes valores são, em média, apenas um pouco menores que os valores para proteína do ovo (95%) ou carne bovina (98%), e ainda muito maior que no caso de proteínas vegetais (FINKE, 2004).

Espécies como a mosca doméstica (*Musca domestica*) possuem um teor de 43 e 68% de proteína bruta, enquanto que o *Tenebrio molitor* apresenta valores entre 44 e 69%, muito próximos aos encontrados no farelo de soja (VELDKAMP *et al.*, 2012).

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, EMA e EMAn da farinha de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* em frangos de corte.

	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Tenebrio molitor</i>
Matéria seca	0,53	0,60
Matéria orgânica	0,66	0,66
Proteína bruta	0,51	0,60
Lipídios	0,99	0,88
Energia bruta	0,69	0,64
EMA (MJ/kg MS)	17,38	16,86
EMAn (MJ/kg MS)	16,60	16,02

EMA = energia metabolizável aparente; EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

Fonte: De Marco *et al.* (2015).

De Marco *et al.* (2015), ao avaliarem a digestibilidade de duas farinhas de insetos, *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens* em frangos de corte (Tabela 5), descreveram que ambas são boas fontes de proteína e lipídios. Sauvant *et al.* (2004) relatam que a farinha de *Hermetia illucens* possui um teor similar de proteína bruta de algumas fontes de proteína vegetal, como o farelo de girassol, tremoço ou fava, além de um maior teor de lipídios.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das farinhas de *Tenebrio molitor* e *Hermetia illucens* encontrados na pesquisa de De Marco *et al.* (2015) foram inferiores ao encontrado em duas pesquisas realizadas por Hwangbo *et al.* (2009), em mosca doméstica. No entanto, De Marco *et al.* (2015) explicam que a quitina contida no exoesqueleto das larvas de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* pode afetar negativamente os nutrientes.

Em consideração ao coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos (Tabela 6), De Marco *et al.* (2015) notaram diferença entre as larvas de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor*. O coeficiente de digestibilidade ileal de 17 aminoácidos na farinha de *Tenebrio molitor* foi maior e apresentou menores variações do que a farinha de *Hermetia illucens*. Em consideração aos aminoácidos com menor digestibilidade para *Tenebrio molitor*, identificou-se a treonina e a metionina com 0,80, já em *Hermetia illucens* foram os aminoácidos metionina, com digestibilidade de 0,42, e isoleucina, 0,45. Quanto aos aminoácidos não-essenciais, os de maiores digestibilidade para *Tenebrio molitor* foram fenilalanina (0,91) e

arginina (0,90), enquanto que para a farinha de *Hermetia illucens*, foram a arginina (0,83) e histidina (0,81).

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade ileal de aminoácidos de farinha de *Hermetia illucens* e *Tenebrio molitor* em frangos de corte.

<b>Aminoácidos essenciais</b>	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Tenebrio molitor</i>
Arginina	0,83	0,90
Histidina	0,81	0,85
Isoleucina	0,45	0,82
Leucina	0,76	0,82
Lisina	0,46	0,85
Metionina	0,42	0,80
Fenilalanina	0,63	0,91
Treonina	0,75	0,80
Valina	0,62	0,82
<b>Aminoácidos não essenciais</b>		
Alanina	0,86	0,93
Ácido Aspártico	0,61	0,89
Cisteína	0,82	0,84
Glicina	0,67	0,89
Ácido Glutâmico	0,74	0,88
Prolina	0,89	0,84
Serina	0,82	0,89
Tirosina	0,43	0,83

Fonte: De Marco *et al.* (2015)

Em pesquisa de digestibilidade aparente da proteína da farinha de mosca do soldado negro desengordurado em codornas, Cullere *et al.* (2016) encontraram que os aminoácidos essenciais em maiores concentrações foram a valina e a leucina, enquanto que os aminoácidos não essenciais foram alanina e ácido glutâmico.

### 2.2.9 Peptídeos antimicrobianos (AMPs)

O melhoramento genético das galinhas poedeiras para alta produção de ovos, associado ao desenvolvimento nas áreas de nutrição, manejo, sanidade e ambiência permitiram a criação intensiva dessas aves em escala industrial (ROCHA; LARA; BAIÃO, 2008; JÁCOME; ROSSI; BORILLE, 2014). No entanto, aliado a essas mudanças, esses animais tornaram-se mais susceptíveis ao estresse e simultaneamente apresentam uma capacidade imunológica reduzida (BAYYARI *et al.*, 1997; JOHNSON; ESCOBAR; WEBEL, 2001; LUNDBERG, 2005).

Dessa forma, com o intuito de almejar um excelente desempenho zootécnico e uma boa condição imunológica, novos caminhos estão sendo desenvolvidos na nutrição animal para resolver este problema. Visto que a alimentação exerce papel fundamental no estado sanitário e imunológico dos animais (WILLIAMS; STAHLY; ZIMMERMAN, 1997), uma das áreas que mais têm atraído a atenção dos técnicos em avicultura é a imunomodulação por meio da nutrição (VIEIRA *et al.*, 2015).

Neste cenário, um dos recentes destaque na nutrição animal são os peptídeos antimicrobianos (AMPs), também conhecidos como antibióticos naturais (JÓZEFIAK *et al.*, 2016) e pelos seus efeitos positivos sobre desempenho, digestibilidade de nutrientes, microbiota intestinal, morfologia intestinal e função imunológica (MARÓTI *et al.*, 2011; CHOI *et al.*, 2013; XIAO *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2016), sendo que alguns AMPs apresentam grande potencial, pois chegam a eliminar praticamente 100% das bactérias em poucos minutos (STEINBERG *et al.*, 1997).

Os AMPs são componentes de defesa naturais do sistema dos hospedeiros contra patógenos infecciosos (ZASLOFF, 2002; BOMAN, 2003; HANCOCK; SAHL, 2006). Podem ser encontrados desde em organismos simples, como bactérias unicelulares, organismos multicelulares, como em plantas, animais e até mesmo no homem (OSTBERG *et al.*, 2005; MISHRA; WANG, 2012).

Almeida (2007) relata que a diversidade de AMPs é muito grande. A exemplo dessa quantidade, Cederlund; Gudmundsson; Agerberth (2011) afirmam que em 2011 havia mais de 1700 AMPs identificados em fontes naturais variadas ou previstos através das sequências de aminoácidos. No entanto, dentre os AMPs encontrados nos insetos destacam-se as defensinas (COCIANCICH *et al.*, 1994; YI *et al.*, 2014; JÓZEFIAK *et al.*, 2016) e as cecropinas (XIAO *et al.*, 2015). Estes peptídeos são produzidos por células adipócitas, bem como células do sangue - trombócitos, de onde eles podem ser facilmente difundidos e agir em todo o corpo. A hemolinfa de inseto ganha propriedades antimicrobianas após o inseto ser ferido ou após indução microbiana.

Essas defensinas são ativas principalmente contra bactérias Gram-positivas, incluindo *Micrococcus luteus*, *Aerococcus viridians*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis* e *Staphylococcus aureus*. Algumas defensinas de inseto também são ativas contra bactérias Gram-negativas, como *Escherichia coli* (YAMADA; NATORI, 1993; LOWENBERGER *et al.*, 1995; VIZIOLI *et al.*, 2001; LEE *et al.*, 2004; UEDA *et al.*, 2005; SEUFI; HAFEZ; GALAL, 2011).

Além disso, as propriedades antifúngicas têm sido observadas em algumas AMPs de insetos, por exemplo Termicina em *Pseudacanthotermes spiniger*, drosomicina em *Drosophila melanogaster*, heliomicina em *Heliothis verescens* e gallerimicina em pupas de *Galleria mellonella* (AERTS *et al.*, 2008; ŻYŁOWSKA; WYSZYŃSKA; JAGUSZTYN-KRYNICKA, 2011). Pouco se sabe sobre a atividade de defensinas e peptídeos semelhantes a defensina de *Hermetia Illucens*. Um estudo realizado por Park *et al.* (2015) identificou um novo peptídeo como AMP-defensina-4 (DLP4) de *Hermetia illucens*. Esta proteína exibe propriedades antimicrobianas contra bactérias Gram-positivas principalmente e MRSA (*S. aureus* resistente à meticilina), *S. aureus* 40881, *S. aureus* 12256, *S. epidermidis* e *Bacillus subtilis*. A análise PCR em tempo real da expressão DLP4 em diferentes tecidos da mosca de soldados negro e sua maior expressão foi observada na traquéia e na gordura corporal (PARK *et al.*, 2015).

Kim e Rhee (2016) relatam que a larva da mosca do soldado negro possui um elevado teor de ácido láurico (C12:0), que é conhecido por ser um agente antimicrobiano natural, que atua por ruptura da membrana celular, sendo assim eficaz para o controle de vários patógenos.

#### **2.2.9.1 Mecanismos de ação dos AMPs**

O modelo pelo qual os AMPs são capazes de eliminar os microrganismos é um tema de grande interesse científico, uma vez que sua elucidação pode auxiliar no desenvolvimento de novas drogas com potencial terapêutico (CARVALHO; MACHINI, 2013). Sendo assim, alguns mecanismos de ação foram descritos com o intuito de explicar a ruptura das membranas celulares que os AMPs causam.

Com base nesta informação e nas estruturas assumidas pelos AMPs em ambientes hidrofóbicos, foram propostos os seguintes modelos: ripas de barril, tapete e poro toroidal ou canal agregado (BROGDEN, 2005; CARVALHO; MACHINI, 2013; XIAO *et al.*, 2015), conforme demonstrado na Figura 2.

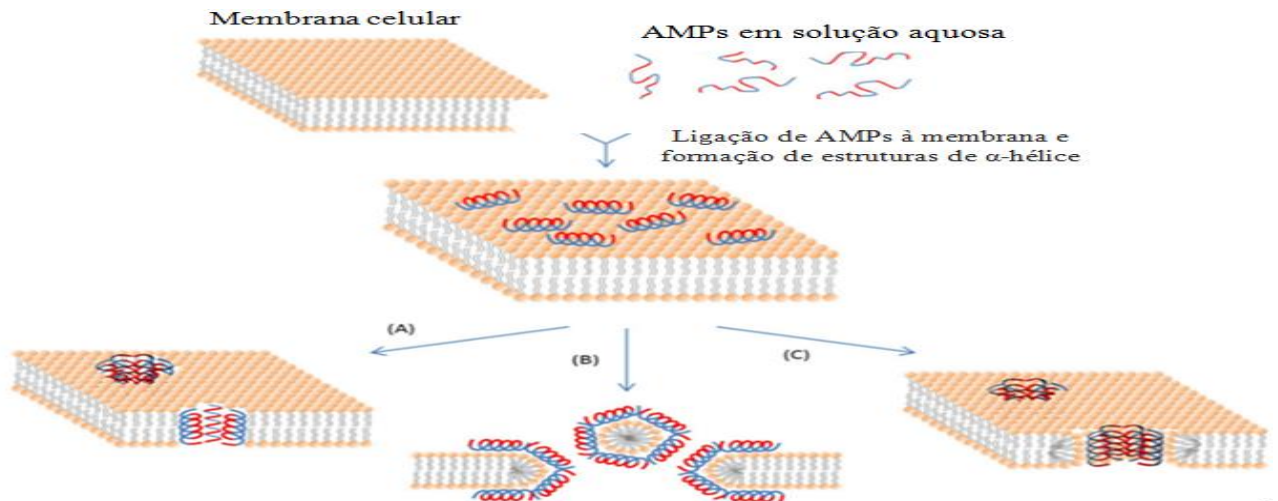


Figura 2 - Representação esquemática de alguns mecanismos de ação de AMPs membrana-ativos. (A) modelo ripas de barril. As moléculas de AMP inserem-se na membrana perpendicularmente. (B) Modelo do tapete. Pequenas áreas da membrana são revestidas com moléculas de AMP com lados hidrofóbicos voltados para dentro deixando poros para trás na membrana. (C) Modelo de poro-toroidal. Este modelo assemelha-se modelo ripas de barril, mas os AMPs estão sempre em contato com grupos fosfolipídicos da membrana. A cor azul representa as porções hidrofóbicas de AMPs, enquanto a cor vermelha representa as partes hidrofílicas dos AMPs. Fonte: Bahar e Ren (2013).

**Modelo ripas de barril** - neste, os AMPs anfipáticos  $\alpha$ -hélice, após interação eletrostática com a face externa da membrana bacteriana, formam poros do tipo barril, aonde a região apolar do peptídeo interage com a região hidrofóbica dos fosfolipídios da membrana e a região hidrofílica do peptídeo fica voltada para dentro do poro. O vazamento do conteúdo intracelular através destes poros pode ocasionar a morte celular (BROGDEN, 2005).

**Modelo carpete** - a membrana da bactéria é totalmente coberta pelo peptídeo. Inicialmente há interação eletrostática entre os resíduos carregados positivamente do peptídeo e as cargas negativas dos fosfolipídios, em seguida, o AMP se acumula na superfície da membrana plasmática, recobrando-a de forma análoga a um carpete, causando a sua permeabilização (BROGDEN, 2005; CARVALHO; MACHINI, 2013).

**Modelo dos poros toroidais ou canais agregados** - após interação com fosfolipídios da membrana várias moléculas de peptídeo se agregam e formam um complexo com moléculas de água associadas. Este complexo induz a formação de canais transmembrânicos temporários que podem permitir a passagem de íons, moléculas de grande massa molecular e, inclusive, do próprio peptídeo, sem que haja grandes alterações na estrutura da membrana. A diferença entre este modelo e o modelo ripas de barril é que os peptídeos estão sempre associados com as cabeças polares dos fosfolipídios, mesmo quando inseridos perpendicularmente à bicamada lipídica (BROGDEN, 2005).

### 3. Mosca do Soldado Negro

A mosca do soldado negro (*Hermetia illucens* Linnaeus 1758) é uma mosca da Ordem Diptera e pertence à família *Stratiomyidae*. É nativa das zonas tropicais, subtropicais e temperadas quentes da América (MAKKAR *et al.*, 2014). No entanto, em razão da facilidade concebida pelo desenvolvimento do transporte internacional desde a década de 1940, resultou na naturalização em diversas regiões do mundo (LECLERCQ, 1997). Dessa forma, é encontrada em regiões tropicais e sub-tropicais entre os paralelos 45° N e 40° S (DIENER *et al.*, 2011).

De acordo com Diener *et al.* (2011) e Van Huis *et al.* (2013), a criação dessa mosca tem sido proposta desde a década de 1990 como uma forma eficiente de eliminar os resíduos orgânicos, convertendo-os numa biomassa rica em proteínas e rica em gordura, adequada para vários fins, incluindo a alimentação animal para todas as espécies, produção de biodiesel e quitina.

A mosca do soldado negro é uma espécie extremamente resistente em condições ambientais exigentes, como a seca, escassez de alimentos ou de deficiência de oxigênio (DIENER *et al.*, 2011). Dentre as vantagens da criação de *Hermetia illucens* em consideração as outras espécies de insetos utilizadas na produção de biomassa, é que o adulto não se alimenta e, por conseguinte, não precisa de cuidados especiais, além disso, não é um potencial portador de doenças (MAKKAR *et al.*, 2014).

O ciclo de vida das moscas do soldado negro (Figura 3) inicia-se com a oviposição das fêmeas em substrato de esterco. Normalmente as fêmeas colocam 900 ovos de uma só vez, que apresentam aproximadamente um milímetro de comprimento e coloração branca cremosa (DICLARO; KAUFMAN, 2009).



Figura 3. Ciclo de vida da mosca do soldado negro.  
Fonte: Hu (2017).

Estes ovos eclodem em quatro dias e passam por cinco fases larvais pelo período de duas ou mais semanas (FURMAN; YOUNG; CATTS, 1959). As larvas (Figura 4) podem atingir até 27 mm de comprimento e 6 mm de largura e pesar até 220 mg na sua última fase larval (MAKKAR *et al.*, 2014).

As larvas podem alimentar-se de 25 a 250 mg de matéria bruta/dia e de uma vasta gama de materiais orgânicos em decomposição, como frutas, vegetais, pó de grãos de café e grãos de destilaria (HARDOUIN; MAHOUX, 2003; DIENER *et al.*, 2011; VAN HUIS *et al.*, 2013). Para a nutrição animal as larvas não desengorduradas são desidratadas e destinadas aos animais (Figura 5). Na fase final de larva (pré-pupa), esta esvazia o seu aparelho digestivo e para de realimentar e mover-se (HARDOUIN; MAHOUX, 2003). As pré-pupas migram então em busca de um local seco e protegido para a fase de pupa (DIENER *et al.*, 2011). A duração da fase de pupa é de cerca de 14 dias, mas pode ser extremamente variável e durar até cinco meses (HARDOUIN; MAHOUX, 2003).



Figura 4. Larva de mosca do soldado negro (*Hermetia illucens L.*).  
Fonte: Park (2016).



Figura 5. Larva de mosca de soldado negro desidratado.  
Fonte: Barbosa Filho *et al.* (2018).

Na fase adulta (Figura 6) a mosca apresenta uma coloração negra, e atinge de 15-20 mm de comprimento (HARDOUIN; MAHOUX, 2003). Não possuem ferrão, nem possuem uma boca ou órgãos digestivos para permitir-lhes consumir resíduos, portanto, eles não mordem também (HAWKINSON, 2005). A fêmea possui um abdômen de cor avermelhada, enquanto o abdômen do macho é mais bronze. As pernas são pretas com faixas amarelas pálidas. As antenas são longas, retas e possuem uma coloração negra e sobressaem da cabeça diretamente para frente e não contêm uma arista (apêndice semelhante a cerdas na pontas das antenas).



Figura 6. Visão lateral da mosca do soldado negro (*Hermetia illucens* L.).  
Fonte: Park (2016).

### 3.1. Criação da mosca

A produção das moscas do soldado negro é concebida em instalações que compreendem características de estufas (Figura 7), sendo totalmente teladas, a fim de evitar a entrada de animais. Conforme recomenda Teixeira Filho (2018), a área total da estufa de 50 m<sup>2</sup> é suficiente para garantir uma criação comercial. Dessa área total, 25 m<sup>2</sup> recomenda-se telar com telas de 1 mm<sup>2</sup> nas laterais e sombrite de 5 mm<sup>2</sup> na cobertura, sendo 12,5 m<sup>2</sup> cobertos com plástico transparente para permitir a entrada de luz e evitar chuva em metade do viveiro. A radiação solar estimula o crescimento e reprodução dos adultos (TOMBERLIN; SHEPPARD, 2002). Esta área foi destinada à reprodução, oviposição e fase de pupa das moscas do soldado negro (Figura 8).

A *Hermetia illucens*, como tantos outros insetos, são ectodérmicos, assim como a maioria dos insetos, ou seja, a temperatura afeta diretamente o crescimento e desenvolvimento (GULLAN; CRASTON, 2000). De acordo com estudos, a temperatura ótima para a produção de *Hermetia illucens* varia de 24 a 29,3°C (BARRY, 2004). Tomberlin *et al.* (2009) afirmam que em condições de temperatura de 27°C e alta umidades as larvas amadurecem em dois meses, porém a fase larval pode durar até quatro meses, quando não há alimentação suficiente disponível (HARDOUIN; MAHOUX, 2003). Em consideração à reprodução, as temperaturas ótimas para acasalamento estão entre 24-40°C (SHEPPARD *et al.*, 2002). Quanto à umidade relativa, Sheppard *et al.* (2001) relatam que a umidade ótima está entre 30 e 90%, enquanto Barry (2004) cita de 50 a 90%.

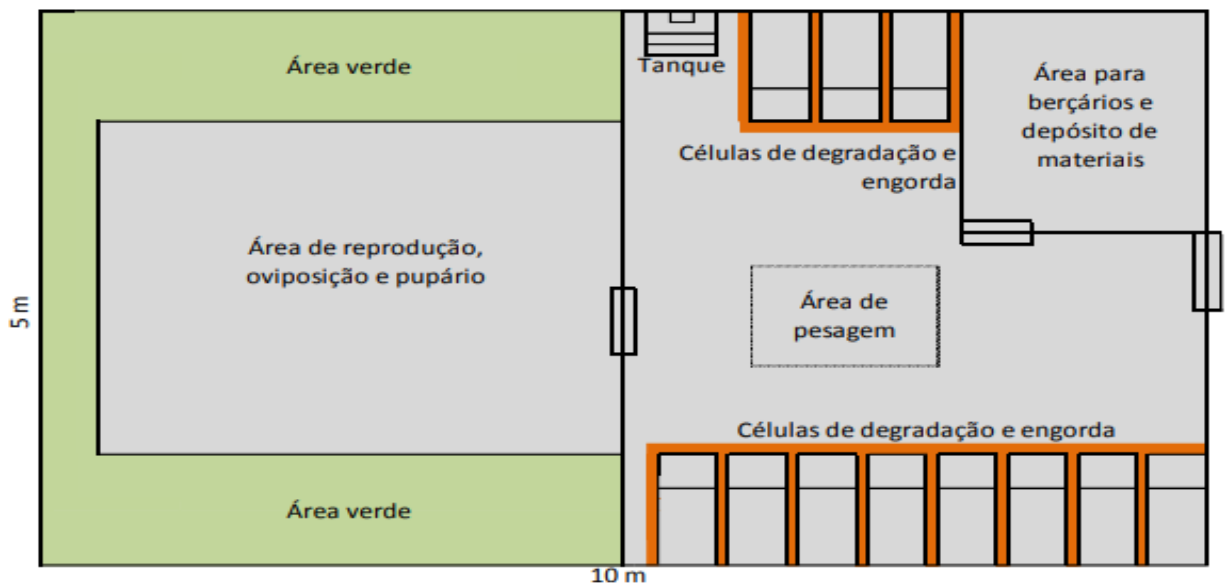


Figura 7. Viveiro para criação de *Hermetia illucens*.  
Fonte: Teixeira Filho (2018).

Os outros 25 m<sup>2</sup> são destinados para as células de degradação de engorda, medindo 100 cm x 50 cm x 20 cm de altura cada e com rampa de saída das larvas com inclinação de 28°, de acordo com recomendações de Diener *et al.*, (2011), no qual facilita a saída das larvas em direção à caixa de coleta e acondicionamento das pré-pupas (Figura 9). Cada célula continha substrato orgânico para alimentação das larvas. Ainda nestes 25 m<sup>2</sup> foram alocados área de pesagem, tanque de lavagem e área de berçários e depósito de materiais.



Figura 8. Área de reprodução e oviposição.  
Fonte: Teixeira Filho (2018).

Além disso, Tomberlin *et al.* (2009) identificaram que a temperatura de 27°C, tanto para a criação de machos, quanto fêmeas, foi quando o período de larva, pré-pupa, pupa e adulto apresentou-se mais eficiente. Os mesmos autores concluíram que os adultos menores e com uma vida mais curta possuem correlação com o aumento de temperatura devido às maiores taxas de metabolismo e crescimento que possuem. Da mesma maneira que a

temperatura, a umidade também influencia no desenvolvimento dos insetos. Estudos conduzidos em laboratórios indicam que a melhor faixa de umidade com *Hermetia illucens* varia de 50 a 99% de umidade (BARRY, 2004).



Figura 9. Célula de degradação de resíduos e engorda de imaturos de *Hermetia illucens*.  
Fonte: Teixeira Filho (2018).

#### **4. Influência da farinha de larvas de mosca do soldado negro sobre desempenho de poedeiras**

Diversos pesquisadores verificaram que o uso de larvas da mosca de soldado negro melhorou o desempenho de frangos (OLUOKUN, 2000; CHOI *et al.*, 2013; UUSHONA, 2015; DAHIRU; AZHAR; ANJAS-ASMARA, 2016), codornas (WIDJASTUTI; WIRADIMADJA; RUSMANA, 2014; CULLERE *et al.*, 2016), suínos (DRIEMEYER, 2016) e algumas espécies de peixes (BONDARI; SHEPPARD, 1981; NEWTON *et al.*, 2005; ST-HILAIRE *et al.*, 2007a; TALAMUK, 2016). No entanto, há uma escassez de informações à respeito da inclusão deste ingrediente na dieta de poedeiras.

O primeiro artigo referenciado sobre o uso de farinha de larvas de mosca de soldado negro para poedeiras como fonte de proteína foi realizada por Hale (1973), no qual tinha como objetivo substituir o farelo de soja ou farinha de peixes.

Maurer *et al.* (2016) realizaram um ensaio de alimentação em pequenos grupos de poedeiras com farinha parcialmente desengordurada de larvas de mosca de soldado negro desidratadas. As dietas continham 12 e 24% de farinha de larvas substituindo 50 ou 100% de torta de soja (utilizada na dieta controle), respectivamente. Após três semanas de experiência não houve diferença significativa entre os grupos alimentados para os parâmetros produção de ovos, consumo de ração, peso dos ovos e eficiência alimentar. Houve uma tendência ( $P=0,06$ ) para menor peso de albúmen no tratamento com 24% de farinha de larvas, já os pesos da gema e da casca não diferenciaram. Além disso, não houve mortalidade e sinal de distúrbio de saúde.

Al-Qazzaz *et al.* (2016) e RUHNKE *et al.* (2018), utilizando farinha de larvas de mosca do soldado negro não desengordurado ou parcialmente desengordurada na dieta de poedeiras, também não observaram diferença no consumo de ração. Por outro lado, trabalhando com farinha de larvas de mosca de soldado negro desengordurada Borrelli *et al.* (2017), Marono *et al.* (2017) e Secci *et al.* (2018) observaram redução no consumo de ração (125 g para 108 g) em 13,6%, quando comparado com dietas formuladas a base de farelo de soja, além disso, identificou-se uma melhor conversão alimentar (2,17 vs 1,97), conforme a pesquisa realizada por Marono *et al.* (2017). Os resultados dessas pesquisas podem ser explicados dados ao fato que a farinha de larva de mosca de soldado negro desengordurada apresentar maior teor de quitina, que por sua vez pode agir como prebiótico, melhorando a microbiota intestinal (BORRELLI *et al.*, 2017).

Al-Qazzaz *et al.* (2016), avaliando diferentes níveis da farinha de larvas de mosca do soldado negro (0, 10 e 50 g/kg) não desengordurada, notaram que com a inclusão de 5% houve uma maior porcentagem e massa dos ovos.

Hopley (2016), avaliando o uso de dietas com 10% de farinha de larva de mosca de soldado negro e 10% de farinha de pré-pupa da mosca do soldado negro, verificou que a conversão alimentar das aves tratadas com a farinha de pré-pupa apresentou melhor resultado. Makkar *et al.* (2014) também observaram que a inclusão de até 10% de farinha de larvas pode ser usada como substituto do farelo de soja ou sorgo na fase inicial de frangos de corte, sem efeitos negativos no consumo de ração, ganho de peso e eficiência alimentar.

Trabalhando com galinhas poedeiras de 24 a 45 semanas de idade, Marono *et al.* (2017) observaram que a substituição total de farelo de soja pela farinha de larvas de mosca

do soldado negro resultou em maior porcentagem de ovos pequenos, médios e extra-grandes do que as aves alimentadas com farelo de soja, que apresentou maior porcentagem de ovos grandes. Logo, os mesmos autores concluíram que a farinha de larvas de mosca de soldado negro pode ser uma fonte de proteína alternativa para galinhas poedeiras, porém a substituição completa da farinha pela soja necessita de mais investigação para evitar efeitos negativos na ingestão de alimentos.

Diante dessas informações, torna-se necessário mais estudos sobre a utilização da farinha de larva de mosca do soldado negro na dieta de galinhas poedeiras.

## **5. Qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com farinha de larvas de mosca do soldado negro**

A qualidade do ovo possui suma importância, visto que é um dos alimentos mais completos da dieta humana, apresentando uma composição rica em vitaminas (A, B, D e K), minerais (Fe, K, Na, P, Cu, Mn, Mg, Se, I), ácidos graxos poli-insaturados e proteínas, que reúnem vários aminoácidos essenciais de excelente valor biológico (RÊGO *et al.*, 2012; GARCIA *et al.*, 2015). Além dessas características, o ovo contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças, o que o torna um alimento funcional (MAZZUCO, 2008).

No entanto, para consumir um ovo de boa qualidade existem diversos fatores antes e depois da oviposição que podem influenciar essas características, como a saúde e idade da poedeira, qualidade e segurança da dieta e também o ambiente habitacional (BERTECHINI; MAZZUCO, 2013).

Analisando as características de qualidade dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de farinha de larvas de mosca do soldado negro, Al-Qazzaz *et al.* (2016) notaram que não houve influência para os valores de unidade Haugh. Quanto a coloração da gema dos ovos, realizada através de um analisador de ovos Orka Food Technology, os mesmos autores observaram influência da dieta, sendo que a cor da gema de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com farinha de larvas de mosca do soldado negro a 50 g/kg foi mais brilhante, ou seja, com menor intensidade de carotenóides na gema.

Por outro lado, Hopley (2016) encontrou maiores valores de  $a^*$  (componente vermelho-verde) em gema de ovos de poedeiras alimentadas com farinha de larva de mosca de soldado negro e farinha de pré-pupa de mosca de soldado negro em comparação com à dieta controle. Finke (2013) relata que a mosca do soldado negro contém beta-caroteno ( $<0,20$

mg/kg), luteína (0,6 mg/kg) e zeaxantina (1,3 mg/kg). Estes carotenóides são geralmente responsáveis pela pigmentação amarela nos alimentos para animais (HOPLEY, 2016).

Além das características de qualidade do ovo de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de farinha de larvas de mosca do soldado negro, Al-Qazzaz *et al.* (2016) também realizaram a análise sensorial do produto, no qual verificaram que o aumento dos níveis de farinha de larvas de mosca do soldado negro melhorou significativamente a aparência, textura, sabor, odor e conseqüentemente a aceitação dos ovos. Os autores justificam essa aceitação devido ao teor de ácido glutâmico ser elevado na farinha de larvas de mosca do soldado negro (6,85 g/kg), o que, segundo Yoshida (1998) provém das interações entre o ácido glutâmico e a percepção humana. A justificativa da maior aceitação dos ovos, deve-se ao efeito umami ser proveniente do ácido glutâmico (ELMAN *et al.*, 2013), estimulando o sabor, bem como também de funções fisiológicas adicionais dos alimentos, sendo apontado que os sensores do ácido glutâmico e seu sistema de transdução de sinal são encontrados nas células gustativas e também nas células da mucosa do intestino (TORII; UNEYAMA; NAKAMURA, 2013).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA, Associação Brasileira de Proteína Animal. **Produção e exportações: avicultura e suinocultura**. 2018. Disponível em:<[http://abpa-br.com.br/noticia/producao-e-exportacoes-avicultu ra-e-suinocultura-2529](http://abpa-br.com.br/noticia/producao-e-exportacoes-avicultu-ra-e-suinocultura-2529)>. Acesso em 10 de Fev de 2019.
- AERTS, A. M.; FRANÇOIS, I. E.; CAMMUE, B. P.; THEVISSSEN, K. The mode of antifungal action of plant, insect and human defensins. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v.65, n.13, p.2069-2079, 2008.
- AKHTAR, Y.; ISMAN, M. B. Insects as an alternative protein source. **Proteins in Food Processing**, p.263-288, 2018.
- ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B. Determinação dos valores de aminoácidos metabolizáveis e proteína digestiva de alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.21, n.6, p.1069-1076, 1992.
- ALLEGRETTI, G. **Insect as feed: uma análise bioeconômica do uso de insetos como fonte proteica alternativa à avicultura de corte brasileira**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil, 2017.
- ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agrícola**, v. 58, n.4, p.681-685, 2001.
- ALMEIDA, E. C. J.; CARNEIRO, P. L. S.; NUNES, L. A.; PEREIRA, A. H. R.; FARIAS FILHO, R. V.; MALHADO, C. H. M.; BITTENCOURT, T. C. B. S. C. Características físicas de ovos de galinhas nativas comparadas a linhagens de postura. **Archivos de Zootecnia**, v.68, n.261, p.82-87, 2019.
- ALMEIDA, H. O. **Identificação de peptídeos antimicrobianos de folha de berinjela para o controle de patógenos de plantas**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Agrícola) Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- AL-QAZAZ, M. F. A.; ISMAIL, D. Insect meal as a source of protein in animal diet. **Animal Nutrition and Feed Technology**, v.16, p.527-547, 2016.
- AL-QAZAZ, M.F.A.; ISMAIL, D.; AKIT, H.; IDRIS, L.H. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, n.9, p.518-523, 2016.
- AMARAL, G.; GUIMARÃES, D.; NASCIMENTO, J. C.; CUSTODIO, S. Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial**, v.43, p.167-207, 2016.
- ARANGO GUTIERREZ, G.P.; VERGARA, RUIZ, R. A.; MEJIA VELEZ, H. Compositional, microbiological and protein digestibility analysis of larval meal of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyiidae) at Angelopolis – Antioquia, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v.52, n.2, p.2491-2500, 2004.

- ATTEH, F. D.; OLOGBENLA, J. O Replacement of fish meal with maggots in broiler diets: effects on performance and nutrient retention. **Nigerian Journal of Animal Production**, v.20, p.44-49, 1993.
- BAHAR, A. A.; REN, D. Antimicrobial Peptides. **Pharmaceuticals**, v. 6, p. 1543–1575, 2013.
- BARBOSA FILHO, J. A.; VARGAS, T. S.; CARNEIRO, A. K. F.; SAITO, A. M.; OGASAWARA, C. T.; DINIZ, L. T.; SIMONELLI, S. M.; OBA, A. Sólidos totais e rendimento de componentes dos ovos de poedeiras alimentadas com farinha de larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*). CONGRESSO ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE AVICULTORES, 2018, Ribeirão Preto. **Anais...** 2018.
- BARRY, T. **Evaluation of the Economic, Social and Biological Feasibility of Bioconverting Food Wastes With the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)** - (Dissertação ) - Universidade do Texas, 176f., 2004.
- BAYYARI, G. R.; HUFF, W. E.; RATH, N. C.; BALOG, J. M.; NEWBERRY, L. A.; VILLINES, J. D.; SKEELES, J. K.; ANTHONY, N. B.; NESTOR, K. E. Effect of the genetic selection of turkeys for increased body weight and egg production on immune and physiological responses. **Poultry Science**, v.76, n.2, p.289-296, 1997.
- BEDNÁROVÁ, M. **Possibilities of using insects as food in the Czech Republic**. Dissertation thesis Mendel University, Brno, 2013.
- BELLUCO, S.; LOSASSO, C.; MAGGIOLETTI, M.; ALONZI, C.C.; PAOLETTI, M.G.; RICCI, A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.12, n.3, p.296-313, 2013.
- BERTECHINI, A. G.; MAZZUCO, H. The Table Egg: a Review. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 115–122, 2013.
- BIASATO, I.; MARCO, M.; ROTOLO, L.; RENNA, M.; LUSSIANA, C.; DABBOU, S.; CAPUCCHIO, M. T.; BIASIBETTI, E.; COSTA, P.; GAI, F.; POZZO, L.; DEZZUTO, D.; BERGANA, S.; MARTINÉZ, S.; TARANTOLA, M.; GASCO, L.; SCHIAVONE, A. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, n.6, p.1104-1112, 2016.
- BOMAN, H. G. Antibacterial peptides: basic facts and emerging concepts. **Journal of Internal Medicine**, v.254, n.3, p.197-215, 2003.
- BONDARI, K.; SHEPPARD, D. C. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. **Aquaculture**, v. 24, p. 103–109, 1981.
- BORRELLI, L.; CORETTI, L.; DIPINETO, L.; BOVERA, F.; MENNA, F.; CHIARIOTTI, L.; NIZZA, A.; LEMBO, F.; FIORETTI, A. Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. **Scientific Reports**, v.7, 2017.
- BOSCH, G.; ZHANG, S.; OONINCX, D. G. A. B.; HENDRIKS, W. H. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cats foods. **Journal of Nutritional Science**, v.25, n.3 p.e29, 2014.

- BOVERA, F.; LOPONTE, R.; MARONO, S.; PICCOLO, G.; PARISI, G.; IACONISI, V.; GASCO, L.; NIZZA, A. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **Journal of Animal Science**, v.94, n.2, p.639-647, 2015.
- BROGDEN, K. A. Antimicrobial peptides : Pore formers or metabolic inhibitors in bacteria ? **Nature Reviews Microbiology**, v. 3, n. 3, p. 238–250, 2005.
- BUKKENS, S. G. F. **Insects in the human diet: Nutritional aspects**. In: PAOLETTI, M. G. (Ed). Ecological implications of minilivestock; Role of Rodents, Frogs, Snails and Insects for Sustainable Development, Science Publishers, New Hampshire, p.545-577, 2005.
- CARVALHO, L, A. C.; MACHINI, M. T. Hemocidinas derivadas de hemoglobina: estruturas, propriedades e perspectivas. **Química Nova**, v.36, n.7, p.1021-1029, 2013.
- CARVALHO, L.C.; LACERDA, B. M.; LOPES, L. K.; CÂNDIDO, B. M.; FERREIRA, F.; WENCESLAU, R. R.; SÁ-FORTES, C. M. L. Possível utilização da farinha de insetos na alimentação de cães e gatos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.78-83, 2016.
- CEDERLUND, A.; GUDMUNDSSON, G. H.; AGEBERTH, B. **FEBS Journal**, 2011, p.278.
- CHEN, X.; FENG, Y.; CHEN, Z. Common edible insects and their utilization in China. **Entomological Research**, v.39, n.5, p.299-303, 2009.
- CHOI, S.C.; INGALE, S. L.; KIM, J. S.; PARK, Y. K.; KWON, I. K.; CHAE, B. J. An antimicrobial peptide-A3: effects of dietary supplementation with an antimicrobial peptide-P5 on growth performance, nutrient retention, excreta and intestinal microflora and intestinal morphology of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, n.1, p.78-84, 2013.
- CHOI, S.C.; INGALE, S. L.; KIM, J. S.; PARK, Y. K.; KWON, I. K.; CHAE, B. J. An antimicrobial peptide-A3: effects of dietary supplementation with an antimicrobial peptide-P5 on growth performance, nutrient retention, excreta and intestinal microflora and intestinal morphology of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.185, n.1, p.78-84, 2013.
- COCIANCICH, S.; BULET, P.; HETRU, C.; HOFFMANN, J. A. The inducible Antibacterial Peptides of Insects. **Parasitology Today**, v.10, n.4, p.132-139, 1994.
- COCKCROFT, B. L. **An evaluation of defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as a protein source for broiler chicken diet**. Thesis (Master of Science) – Agriscience at Stellenbosch University, 131p, 2018.
- COLLAVO, A.; GLEW, R. H.; HUANG, Y.S.; CHUANG, L.T.; BOSSE, R.; PAOLETTI, M. G. **House cricket small-scale farming**. In: Paoletti, M. G. (Ed), Ecological Implications of Minilivestock: Potential of insects, rodents, frogs and Snails. Science Publishers, New Hampshire, p.519-544, 2005.
- CONCONI, J. R. E.; MORENO, J. M. P.; MAYAUDON, C. M.; VALDEZ, F. R.; PEREZ, M. A.; PRADO, E. S.; RODRIGUEZ, H.; MORENO, B. Protein content of some edible insects in Mexico. **Ethnobiology**, v.4, n.1, p.61-72, 1984.

CULLERE, M.; TASONIERO, G.; GIACCONE, V.; MIOTTI-SCAPPIN, R.; CLAEYS, E.; SMET, S.; ZOTTE, D. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: apparent digestibility, excreta microbial load, feed choice, performance, carcass and meat traits. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v.10, n.12, p.1923-1930, 2016.

CUTRIGNELLI, M. I.; MESSINA, M.; TULLI, F.; RANDAZZO, B.; OLIVOTTO, I.; GASCO, L.; LOPONTE, R.; BOVERA, F. Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. **Research in veterinary science**, v.117, p.209-215, 2017.

DASHEFSKY, H.S.; ANDERSON, D.L.; TOBIN, E.N.; PETERS, T.M. Face fly pupae: a potential feed supplement for poultry. **Environmental Entomology**, v.5, p.680-682, 1976.

DE MARCO, M.; MARTINÉZ, S.; HERNANDEZ, F.; MADRID, J.; GAI, F.; ROTOLO, L.; BELFORTI, M.; BERGERO, D.; KATZ, H.; DABBOU, S.; KOVITVADHI, A.; ZOCCARATO, I.; GASCO, L.; SCHIAVONE, A. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. **Animal Feed Science and Technology**, v.209, p.211-218, 2015.

DICLARO, J. W.; KAUFMAN, P. E. Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta : Diptera : Stratiomyidae). **IFAS Extension**, p. 5, 2009. Disponível em: <<http://sfyl.ifas.ufl.edu/about/>>.

DIENER, S.; ZURBRUEGG, C.; TOCKNER, K. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. **Waste Management & Research**, v.27, n.6, p.603-610, 2009.

DIENER, S.; ZURBRÜGG, C.; ROA GUTIÉRREZ, F.; NGUYEN DANG HONG, M.A.; KOOTTATEP, T.; TOCKNER, K. **Black soldier fly larvae for organic waste treatment-prospects and constraints**. In: WasteSafe 2011 - 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the Developing Countries, 13-15 Fevereiro, Khulna, Bangladesh, p. 52-59.

DOBERMANN, D.; SWIFT, J. A.; FIELD, L. M. Opportunities and hurdles of edible insects for food and feed. **Nutrition Bulletin**, v.42, n.4, p.293-308, 2017.

DRIEMEYER, H. **Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters**. 2016. 114 f. 2016.

ELMAN, I.; GERALDO, A. P. G.; KARCHER, C.; PINTO-SILVA, M. E. M. Caracterização dos limiares de detecção do gosto umami em crianças com e sem câncer. **Journal of Human Growth and Development**, v. 23, n. 2, p. 1–7, 2013.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, v.21, n.3, p.269-285, 2002.

FINKE, M. D. Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. **Zoo Biology**, v. 32, n. 1, p. 27–36, 2013.

FINKE, M. D. Estimate of chitin in raw whole insects. **Zoo Biology**, v.26, n.2, p.105-115, 2007.

FINKE, M. D. **Nutrient content of insects**. In: CAPINERA J.L. (Ed), Encyclopedia of Entomology, Kluwer Academic, Dordrecht, London, p.1562-1575, 2004.

FRECCIA, A.; MEURER, E. S.; FILHO, J. C.; JERÔNIMO, G. T.; EMERENCIANO, M. G. C. Farinha de insetos em dietas de alevinos de tilápia. **Archivos de Zootecnia**, v.65, n.252, p.541-547, 2016.

FREITAS, L. W.; PAZ, I. C. L. A.; GARCIA, R. G.; CALDARA, F. R.; SENO, L. O.; FELIX, G. A.; LIMA, N. D. S.; FERREIRA, V. M. O. S. CAVICHIOLO, F. Aspectos qualitativos de ovos comerciais submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Revista Agrarian**, v.4, n.11, p.66-72, 2011.

FURMAN, D.P.; YOUNG, R.D.; CATTS, E.P. *Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus. **Journal of Economic Entomology**, v.52, p.917-921, 1959.

GAHUKAR, R. T. Chapter 4 - Edible insects Farming: efficiency and impact on family livelihood, food security, and Environment compared with livestock and crops. In: DOSSEY, A. T.; MORALES-RAMOS, J. A.; ROJAS, M. G. (Eds) **Insects as sustainable food ingredients**. Academic Press, San Diego, p. 85-111, 2016.

GARCIA, E. R. M.; ALVES, M. C. F.; CRUZ, F. K.; CONTI, A. C. M.; BATISTA, N. R.; BARBOSA FILHO, J. A. Qualidade interna de ovos: efeito do armazenamento, linhagem e idade da poedeira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 5, n. 1, p. 101–109, 2015.

GUEVARA, O. L.; PADILLA, P.; GARCÍA, L.; PINO, J. M.; RAMOS-ELORDUY, J. Amino acid determination in some edible Mexican insects. **Amino acids**, v.9, n.2, p.161-173, 1995.

GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. *The insects: an outline of entomology*. London, United Kingdom. Blackwell Science. 2000.

GUTIÉRREZ, G. P. A.; RUIZ, R. A. V.; VÉLEZ, H. M. Analisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (Diptera: Stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía**, v.57, n.2, 2004.

HALE, O. M. Dried *Hermetia illucens* larvae (Stratiomyidae) as a feed additive for poultry. **Journal of the Georgia Entomological Society**, v.8, p.16-20, 1973.

HALLORAN, A.; VANTOMME, P. The contribution of insects to food security, livelihoods and the environment. **FAO**. p.1-4, 2013. Disponível em:<[www.fao.org/forestry/edibleinsects](http://www.fao.org/forestry/edibleinsects)>.

HANCOCK, R. E. W.; SAHL, H. Antimicrobial and host-defense peptides as new anti-infective therapeutic strategies. **Nature Biotechnology**, v.24, n.12, p.1551-1557, 2006.

HANDLEY, M. A.; HALL, C.; SANFORD, E.; DIAZ, E.; GONZALEZ-MENDEZ, E.; DRACE, K.; WILSON, R.; VILLALOBOS, M.; CROUGHAN, M. Globalization, binational communities, and imported food risks: results of an outbreak investigation of lead poisoning in Monterey County, California. **American Journal of Public Health**, v.97, n.5, p.900-906, 2007.

HARDOUIN, J; MAHOUX G. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au benefice de l'homme et de certains animaux. **Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM)**, 164p.

Hawkinson, Candice. "Beneficial Insects in the Landscape: #51 Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*)." *Beneficial Insects in the Landscape: #51 Black Soldier Fly (Hermetia Illucens)*. Galveston County Master Gardeners, 2005. Web. 06 Dec. 2015

HELM, R.M.; SQUILLACE, D.L.; JONES, R.T.; BRENNER, R.J. Shared allergenic activity in Asian (*Blattella asahinai*), German (*Blattella germanica*), American (*Periplaneta americana*) and Oriental (*Blatta orientalis*) cockroach species. **International Archives of Allergy and Immunology**, v. 92, n.2, p.154-161, 1990.

HENRY, M.; GASCO, L.; PICCOLO, G.; FOUNTOULAKI, E. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: past and future. **Animal Feed Science and Technology**, v.203, n.1, p.1-22, 2015.

HOPLEY, D. **The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*, *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds**. 2016. 90f. Thesis (M. Sc.) - Stellenbosch University, 2016.

HOSSAIN, S. M.; BLAIR, R. Chitin utilization by broilers and its effect on body composition and blood metabolites. **British Poultry Science**, v.43, p.33-38, 2007.

HUANG, C. B.; ALIMOVA, Y.; MYERS, T. M.; EBERSOLE, J. L. Short-and medium-chain fatty acids exhibit antimicrobial activity for oral microorganisms. **Archives of oral biology**, v.56, n.7, p.650-654, 2011.

HUSSEIN, M.; PILLAI, V. V.; GODDARD, J. M.; PARK, H. G.; KOTHAPALLI, K. S.; ROSS, D. A.; KETTERINGS, Q. M.; BRENNNA, J. T.; MILSTEIN, M. B.; MARQUIS, H.; JONHSON, P.A.; NYROP, J. P.; SELVARAJ, V. Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. **Plos One**, v.7, p.1-19, 2017.

HWANGBO, J.; HONG, E.C.; JANG, A.; KANG, H.K.; OH, J.S.; KIM, B.W.; PARK, B.S. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. **Journal of Environmental Biology**, v.30, n.4, p.609-614, 2009.

HYUN, S. H.; KWON, K. H.; PARK, K. H.; JEONG, H. C.; KWON, O.; TINDWA, H.; HAN, Y. S. Evaluation of nutritional status of an edible grasshopper, *Oxya chinensis formosona*. **Entomology Research**, v.42, p.284-290, 2012.

IJAIYA, A. T.; EKO, E. O. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Anaphe infrecta*) caterpillar meal on performance, carcass characteristics and haematological parameters of finishing broiler chicken. **Pakistanian Journal of Nutrition**, v.8, p.850-855, 2009.

ISLAM, M. M.; YANG, CHUL-JU. Efficacy of mealworm and super mealworm larvae probiotics as an alternative to antibiotics challenge orally *Salmonella* and *E. coli* infection in broiler chicks. **Poultry Science**, v.96, n.1, p.27-34, 2017.

JÁCOME, I. M. T. D.; ROSSI, L. A.; BORILLE, R. Influence of artificial lighting on the performance and egg quality of commercial layers: a review. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.16, n.4, p.337-344, 2014.

JOHNSON, E.L.; PENISTON, P.Q. 1982. **Utilization of shell waste for chitin and chitosan production**. In: Chemistry and biochemistry of marine food products, MARTIN, R.E.; FLICK, G.H.; HEBARD, C.E.; WARD, D.R. (eds.). West Port, CT, AVI Publishing Co., pp.514-522.

JOHNSON, E.L.; PENISTON, P.Q. 1982. **Utilization of shell waste for chitin and chitosan production**. In: Chemistry and biochemistry of marine food products, MARTIN, R.E.; FLICK, G.H.; HEBARD, C.E.; WARD, D.R. (eds.). West Port, CT, AVI Publishing Co., pp.514-522.

JOHNSON, R. W.; ESCOBAR, J.; WEBEL, D. M. **Nutrition and immunology of swine**. In: Lewis, A. J.; Southern L. L.(Eds) Swine Nutrition. 2. ed. Nebraska: CRC Press, p.545-562, 2001.

JONES, L. D.; COOPER, R. W.; HARDING, R. S. Composition of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. **The Journal of Zoo Animal Medicine**, v.3, n.4, p.34-41, 1972.

JOZÉFIAK, D.; ENGBERG, R. M. **Insects as poultry feed**. In 20th European Symposium on Poultry Nutrition, Praga p.24-27, 2015.

JOZÉFIAK, D.; JOZÉFIAK, A.; KIERONCZYK, B.; RAWSKI, M.; SWIATKIEWICZ, S.; DLUGOSZ, J.; ENGBERG, R.M. Insects - a natural nutrient source for poultry - a review. **Annals of Animal Science**, v.16, n.2, p.297-313, 2016.

JUCKER, C.; ERBA, D.; LEONARDI, M. G.; LUPI, D.; SAVOLDELLI, S. Assessment of vegetable and fruits substrates as potential rearing media for *Hermetia illucens* (*Diptera: Stratiomyidae*) larvae. **Environmental Entomology**, v.46, n.6, p.1415-1423, 2017.

KHEMPAKA, S.; CHITSATCHAPONG, C.; MOLEE, W. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.20, p.1-11, 2011.

KIM, S. A.; RHEE, M. S. Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, b-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanilin) against *Escherichia coli* 0157:H7. **Food Control**, v.60, p.447-454, 2016.

KOURIMSKA, L.; ADAMKOVA, A. Nutritional and sensory quality of edible insects. **NFS Journal**, v.4, p.22-26, 2016.

LECLERCQ, M. A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Soldier fly) (Diptera Stratiomyidae: Hermitiinae). **Bulletin et Annales dela Societe Royale Belged'Entomologie**, v.133, p.275-298, 1997.

LEE, C. G.; SILVA, C. A. D.; LEE, J. Y.; HARTL, D.; ELIAS, J. A. Chitin regulation of immune responses: an old molecule with new roles. **Current Opinion in Immunology**, v.20, p.684-689, 2008.

LEE, H. Y.; ANDALIBI, A.; WEBSTER, P.; MOON, S. K.; TEUFERT, K.; KANG, S. H.; LI, J. D.; NAGURA, M.; GANZ, T.; LIM, D. J. Antimicrobial activity of innate immune molecules against *Streptococcus pneumoniae*, *Moraxella catarrhalis* and nontypeable *Haemophilus influenzae*. **BMC Infectious Disease**, v.4, n.12, p.1-12, 2004.

LI, S.; JI, H. ZHANG, B.; TIAN, J.; ZHOU, J.; YU, H. Influence of black soldier (*Hermetia illucens*) larvae oil on growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v.465, p.43-52, 2016.

LIEBERMAN, S.; ENIG, M.; PREUSS, H. A review of monolaurin an lauric acid: natural virucidal 348 and bactericidal agents. **Alternative & Complementary Therapies**, v.12, p.310-314, 2006.

LINDER, V. **Insect larvae (*Hermetia illucens*) as an alternative feed source for laying hens**. Swedish University of Agricultural Sciences, 2018. Disponível em: <[https://stud.epsilon.slu.se/13457/7/Linder\\_V\\_180530.pdf](https://stud.epsilon.slu.se/13457/7/Linder_V_180530.pdf)>. Acesso em 12 fev 2019.

LIU, X.; CHEN, X.; WANG, H.; YANG, Q.; REHMAN, K. U.; LI, W.; CAI, M.; LI, Q.; MAZZA, L.; ZHANG, J.; YU, Z.; ZHENG, L. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **Plos One**, v. 12, n.8, 2017.

LONGVAH, T.; MANGTHYA, K.; RAMULU, P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. **Food Chemistry**, v. 128, p.400-403, 2011.

LOWENBERGER, C.; BULET, P.; CHARLET, M.; HETRU, C.; HODGEMAN, B.; CHRISTENSEN, B. M.; HOFFMANN, J. A. Insect immunity: isolation of three novel inducible antibacterial defensins from the vector mosquito *Aedes aegypti*. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 25, n.7, p.867-873, 1995.

LUNDBERG, U. Stress hormones in health and illness: The roles of work and gender. **Psychoneuroendocrinology**, v.30, n.10, p.1017-1021, 2005.

MAKKAR, H. P. S.; TRAN, G.; HEUZÉ, V.; ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>>.

MARONO, S.; LOPONTE, R.; LOMBARDI, P.; VASSALOTTI, G.; PERO, M. E.; RUSSO, F.; GASCO, L.; PARISI, G.; PICCOLO, G.; NIZZA, S.; DI MEO, C.; ATTIA, Y. A.; BOVERA, F. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. **Poultry Science**, v. 2017.

MARÓTI, G.; KERESZT, A.; KONDOROSI, E.; MERGAERT, P. Natural roles of antimicrobial peptides in microbes, plants and animals. **Research in Microbiology**, v.162, p.363-374, 2011.

MAURER, V.; HOLINGER, M.; AMSLER, Z.; FRUH, B.; WOHLFAHRT, J.; STAMER, A.; LEIBER, F. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.2, n.2, p.83-90, 2016.

MAZZUCO, H. Ovo: alimento funcional, perfeito à saúde. **Avicultura Industrial**, v. 99, n. 1164, p. 12–16, 2008.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D. MORGAN, C. A. 2002. **Animal Nutrition**. 6.ed. Pearson Education Ltd. Harlow, England. 693p.

MISHRA, B.; WANG, G. The importance of amino acid composition in natural AMPs: an evolutionary, structural, and functional perspective. **Frontiers in Immunology**, v.3, n.221, 2012.

NEVES, J. O.; LEITE, S. C. B.; BATISTA, A. S. M.; FONTINELE, G. S. P.; MARANGUAPE, J. S.; COSTA, A. C. Característica sensoriais de ovos de poedeiras semipesadas e leves alimentadas com dietas contendo glicerina bruta. **Revista Científica Produção Animal**, v.19, n.1, p.8-14, 2017.

NEWTON, G. L.; BOORAM, C. V.; BARKER, R. W.; HALE, O. M. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. **Journal of Animal Science**, v.44, p.395-400, 1997.

NEWTON, G. L.; SHEPPARD, C.; WATSON, D. W.; BURTLE, G.; DOVE, R. **Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure**. In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, 2005.

NEWTON, L.; SHEPPARD, C.; WATSON, D.W.; BURTLE, G.; DOVE, R. **Using the Black Soldier fly *Hermetia illucens*, as a value-added Tool for the Management of Swine Manure**. Universidade de Georgia, Tifton, USA. 2005. Disponível em: <<http://insectinnovation.org/wp-content/uploads/2015/05/A2.pdf>>. Acesso em 18 dez. 2016.

NGUYEN, T.T.; TOMBERLIN, J.K.; VANLAERHOVEN, S. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. **Environmental Entomology**, v.44, n.2, p.401-410, 2015.

NO, H.K.; MEYERS, S.P.; LEE, K.S. Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.3, p.575-579, 1989.

NO, H.K.; MEYERS, S.P.; LEE, K.S. Isolation and characterization of chitin from crawfish shell waste. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.37, n.3, p.575-579, 1989.

ODESANYA, B.O.; AJAYI, S. O.; AGBAOGUN, B. K. O. OKUNEYE, B. Comparative evaluation of nutritive value of maggots. **International Journal of Engineering Research and General Science**, v.2, n.11, 2011.

OGUNJI, J. O.; PAGEL, T.; SCHULZ, C.; KLOAS, W. Utilisation of diversity in land use systems: Sustainable and organic approaches to meet human needs. Apparent digestibility coefficient of housefly maggot meal (mameal) for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and Carp (*Cyprinus carpio*). 2007.

OLUOKUN, J.A. Upgrading the nutritive value of full-fat soyabeans meal for broiler production with either fishmeal or black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*). **Nigerian Journal of Animal Science**, v.3, n.2, p.51-61 2000.

OONINCX, D. G. A. B.; DIERENFELD, E. S. An investigation into chemical composition of alternative invertebrate prey. **Zoo Biology**, v.31, p.40-54, 2012.

OONINCX, D. G. A. B.; ITTERBEECK, J. V.; HEETKAMP, M. J. W.; BRAND, H. V. D.; LOON, J. A. V.; HUIS, A. V. An exploration on greenhouse gas and ammonia production by insect species suitable for animal or human consumption. **Plos One**, v.5, n.12, 2010.

OSTBERG, J. E.; ATTAR, M. J.; MOHAMED-ALI, V.; CONWAY, G. S. Adipokine dysregulation in turner syndrome: comparison of circulating interleukin-6 and leptin concentrations with measures of adiposity and C-reactive protein. **The Journal of Clinical Endocrinology Metabolism**, v.90, n.5, p.2948-2953, 2005.

PARENTE, I. P.; RODRIGUES, K. F.; VAZ, R. G. M. V.; SOUSA, J. P. L.; SANTOS NETA, E. R.; ALBINO, L. F. T.; SIQUEIRA, J. C.; PAIVA, J. A. Características nutricionais e utilização do resíduo de batata-doce em dietas de frangos de crescimento lento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.2, p.470-483, 2014.

PARK, S.; KIM, J. W.; YOY, S. M. Purification and characterization of a novel antibacterial peptide from black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. **Developmental & Comparative Immunology**, v.52, n.1, p.98-106, 2015.

PASCHOAL, L. A. F.; BENTO JÚNIOR, F. A.; SANTOS, W. S.; SILVA, R. S.; DOURADO, L. R. B.; BEZERRA, A. P. A. Qualidade de ovos comercializados em diferentes estabelecimentos na cidade de Imperatriz-MA. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.1, p.150-157, 2008.

PREMALATHA, M.; ABBASI, T.; ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Energy-efficient food production to reduce global warming and ecodegradation: the use of edible insects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, n.9, p.4357-4360, 2011.

PRETORIUS, Q. (Thesis - Master Science Agriculture, Animal Sciences). **The evaluation of Larvae of *Musca Domestica* (Common House Fly) as Protein Source for Broiler Production**. University of Stellenbosch.

- PROTEINSECT. **Insect protein – Feed for the future**. White paper. 2016. Disponível em:<[http://www.proteinsect.eu/fileadmin/user\\_upload/press/proteinsect-whitepaper-2016.pdf](http://www.proteinsect.eu/fileadmin/user_upload/press/proteinsect-whitepaper-2016.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- RAMALHO, H. F.; SUAREZ, P. A. Z. A química dos óleos e gorduras e seus processos de extração e refino. **Revista Virtual de Química**, v.5, n.1, p.2-15, 2013.
- RAMOS-ELORDUY, J.; GONZÁLEZ, E. A.; HERNÁNDEZ, A. R.; PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broilers chickens. **Journal of Economic Entomology**, v.95, n.1, p.214-220, 2002.
- RAMOS-ELORDUY, J.; PINO, J. M.; PRADO, E. E.; PEREZ, M. A.; OTERO, J. L.; GUEVARA, O. L. Nutritional value of edible insects from the state of Oaxaca, México. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.10, n.2, p.142-157, 1997.
- RAVZANAADII, N.; KIM, S.; CHOI, W. H.; HONG, S.; KIM, N. J. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. **International Journal of Industrial Entomology**, v.25, n.1, p.93-98, 2012.
- RÊGO, I. O. P.; CANÇADO, S. V.; FIGUEIREDO, T. C.; MENEZES, L. D. M.; OLIVEIRA, D. D.; LIMA, A. L.; CALDEIRA, L. G. M.; ESSER, L. R. Influência do período de armazenamento na qualidade do ovo integral pasteurizado refrigerado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 3, p. 735–742, 2012.
- ROCHA, J. S. R.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C. Produção e bem-estar animal aspectos éticos e técnicos da produção intensiva de aves. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v.11, supl.1, p.49-55, 2008.
- ROSELAND, C.R.; GRODOWITZ, M.J.; KRAMER, K.J.; HOPKINS, T.L.; BROCE, A.B. Stabilization of mineralized and sclerotized puparial cuticle in muscid flies. **Insect Biochemistry**, v.15, n.4, p.521-528, 1985.
- RUHNKE, I.; NORMANT, C.; CAMPBELL, D. L. M.; IQBAL, Z.; LEE, C.; HINCH, G.; ROBERTS, J. Impact of on-range choice feeding with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on flock performance, egg quality, and range use of free-range laying hens. **Animal Nutrition**, v.4, n.4, p.452-460, 2018.
- RUMPOLD, B. A.; SCHLUTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.17, p.1-11, 2013a.
- RUMPOLD, B. A.;SCHLUTER, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular Nutrition & Food Research**, v.57, n.5, p.802-823, 2013b.
- SÁNCHEZ-MUROS, M. J.; BARROSO, F. G.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v.65, p.16-27, 2014.
- SANS, L. M. A.; GUIMARÃES, D. P. Zoneamento agrícola: riscos climáticos para a cultura do milho. In: CRUZ, J. C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M. A. R.; MAGALHÃES, P. C. (Ed). A cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. p. 89-97, 2008.

SAUVANT, D.; PEREZ, J. M.; TRAN, G. Tables of composition and nutritional value of feed materials: pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses and fish. **Wageningen Academic Publishers**. 2004.

SCHABEL, H. G. **Forest insects as food: a global review**. Forest insects as food: Humans bite black, p.37-64, 2010.

SCHIAVONE, A. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal inclusion in free-range chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.100, n.6, p.1104-1112, 2016.

SCHIAVONE, A.; DE MARCO, M.; MARTINEZ, S.; DABBOU, S.; RENNA, M.; MADRID, J.; HERNANDEZ, F.; ROTOLO, L.; COSTA, P.; GAI, F.; GASCO, L. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.1, n.8, 2017.

SECCI, G.; BOVERA, F.; NIZZA, S.; BARONTI, N.; GASCO, L.; CONTE, G.; SERRA, A.; BONELLI, A.; PARISI, G. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. **Animal**, v.12, n.10, p.2191-2197, 2018.

SEUFI, A. M.; HAFEZ, E. E.; GALAL, F. H. Identification, phylogenetic analysis and expression profile of an anionic insect defensin gene, with antibacterial activity, from bacterial-challenged cotton leafworm, *Spodopteralittoralis*. **BMC Molecular and Biology**, v.12, n. 47, p.1-14, 2011.

SHEPPARD, D. C.; NEWTON, G. L.; BURTLE, G. J. Black soldier fly Prepupae a compelling alternative to fish meal and fish oil. **The National Marine Fisheries Service**, 2007.

SHEPPARD, D.C.; TOMBERLIN, J.K.; JOYCE, J.A.; KISER, B.C.; SUMNER, S.M. Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). **Journal of Medical Entomology**, v.39, n.4 p.695-698, 2002.

SKRIVANOVA, E.; MAROUNEK, M.; BENDA, V.; BREZINA, P. Susceptibility of *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. and *Clostridium perfringens* to organic acids and monolaurin. **Veterinarni Medicina**, v. 51, n. 3, p. 81–88, 2006.

SPRANGHERS, T.; OTTOBONI, M.; KLOOTWIJK, C.; OVYN, A.; DEBOOSERE, S.; DE MEULENAER, B.; MICHIELS, J.; EECKHOUT, M.; DE CLERQ, P.; DE SMET S. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.97, p.2594-2600, 2017.

STEINBERG, D. A.; HURST, M. A.; FUJII, C. A.; KUNG, A. H.; HO, J. F.; CHENG, F. C.; LOURY, D. J.; FIDDES, J. C. Protegrin-I: a broad-spectrum, rapidly microbicidal peptide with in vivo activity. **Antimicrobial Agents Chemother**, v.41, p.1738-1742, 1997.

ST-HILAIRE, S.; SHEPPARD, C.; TOMBERLIN, J.K.; IRVING, S.; NEWTON, L.; MCGUIRE, M.A.; MOSLEY, E.E.; HARDY, R.; SEALEY, W. Fly prepupae as a feedstuff for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38, n.1, p.59-67, 2007a.

ST-HILAIRE, S. CRANFILL, K.; MCGUIRE, M. A.; MOSLEY, E. E.; TOMBERLIN, J. K.; NEWTON, L.; SEALEY, W.; SHEPPARD, C.; IRVING, S. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.38, p.309-313, 2007b.

SUZUKI, M.; FUJIMOTO, W.; GOTO, M.; MORIMATSU, M.; SYUTO, B.; TOSHIHIKO, I. Cellular expression of gut chitinase mRNA in the gastrointestinal tract of mice and chickens. **Journal of Histochemistry & Cytochemistry**, v.50, p.1081-1089.

SWIATKIEWICZ, S.; SWIATKIEWICZ, M.; ARCZEWSKA-WLOSEK, A.; JOZÉFIK, D. Chitosan and its oligosaccharide derivatives (chito-oligosaccharides) as feed supplements in poultry and swine nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.99, p.1-12, 2015.

TALAMUK, R. **Comparisons of growth performance of african catfish (*clarias gariepinus* Burchell, 1882) fingerlings fed different inclusion levels of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal diets.** 2016. 69 f. 2016.

TEIXEIRA FILHO, N. P. **Devoradores de lixo: aspectos biológicos, produtivos e nutricionais da mosca soldado *Hermetia illucens* (L., 1758) (Díptera: Stratiomyidae) em resíduos sólidos orgânicos em Manaus, AM.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas, 2018.

TELES, A. O.; LUPATSCH, I.; NENGAS, I. 2011. **Nutrition and feeding of Sparidae. Sparidae: Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and Other Species.** 199p.

TOMBERLIN, J.K.; ADLER, P.H.; MYERS, H.M. Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature. **Environmental Entomology**, v.38, n.3, p.930-934, 2009.

TOMBERLIN, J.K.; SHEPPARD, D.C.; JOYCE, J.A. Selected life-history traits of the black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) reared on three artificial diets. **Annals of the Entomological Society of America**, v.95, n.3, p.379-386, 2002.

TORII, K.; UNEYAMA, H.; NAKAMURA, E. Physiological roles of dietary glutamate signaling via gut-brain axis due to efficient digestion and absorption. **Journal of Gastroenterology**, v. 48, n. 4, p. 442–451, 2013.

UEDA, K.; IMAMURA, M.; SAITO, A.; SATO, R. Purification and cDNA cloning of an insect defensin from larvae of the longicorn beetle, *Acalolepta luxuriosa*. **Applied Entomology and Zoology**, v.40, n.2, p.335-345, 2005.

USHAKOVA, N. A.; BRODSKII, E. S.; KOVALENKO, A. A.; BASTRAKOV, A. I.; KOZLOVA, A. A.; PAVLOV, D. S. Characteristics of lipid fractions of larvae of the black soldier fly *Hermetia illucens*. **Biochemistry, Biophysics and Molecular Biology**, v. 468, n. 1, p. 209–212, 2016.

UUSHONA, T. **Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae as a protein source for broiler production.** 2015. 131f. 2015.

- VAN BROEKHOVEN, S.; OONINCX, D.G.; VAN HUIS, A.; VAN LOON, J.J. Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. **Journal of Insect Physiology**, v.73, p.1-10, 2015.
- VAN HUIS, A.; VAN, I. J.; KLUNDER, H.; MERTENS, E.; HALLORAN, A.; MUIR, G.; VANTOMME, P. **Edible Insects - Future Prospects for Food and Feed Security**. FAO Forestry Paper, 171, 2013.
- VANTOMME, P. Way forward to bring insects in the human food chain. **Journal of Insects as Food and Feed**, v.1, n.2, p.121-129, 2015.
- VELDKAMP, T.; VAN DUINKERKEN, G.; VAN HUIS, A.; IAKEMOND, C.M.M.; OTTEVANGER, E.; BOSCH, G.; VAN BOEKEL, M.A.J.S. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - A feasibility study. **Wageningen UR Livestock Research**, v. (report 63, n. October, p.62, 2012).
- VIEIRA, D. V. G.; ALVES, C. F.; ALVES, F. L.; PARENTE, I. P.; CONTI, A. C. M.; SOUZA, M. S.; MELO, T. S.; CAVALCANTI, D. T.; FONTELES, N. L. O.; VILANOVA, C. S.; SILVA, E. M. Principais aspectos da inter-relação nutrição e imunidade em aves sob estresse. **Nutritime Revista Eletrônica**, v.12, n.6, p.4400-4410, 2015.
- VIZIOLI, J.; RICHMAN, A. M.; UTTENWEILER-JOSEPH, S.; BLASS, C.; BULET, P. The defensin peptide of the malaria vector mosquito *Anopheles gambiae*: antimicrobial activities and expression in adult mosquitoes. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v.31, n.3, p.241-248, 2001.
- WANG, S.; ZENG, X.; YANG, Q.; QIAO, S. Antimicrobial peptides as a potential alternatives to antibiotics in food Animal Industry. **International Journal of Molecular Sciences**, v.17, n.5, p.603, 2016.
- WIDJASTUTI, T.; WIRADIMADJA, R.; RUSMANA, D. The Effect of Substitution of Fish Meal by Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Maggot Meal in the Diet on Production Performance of Quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Scientific Papers. Series D. Animal Science**, v. 57, n. 1998, p. 125–129, 2014.
- WILLIAMS, N. H.; STALY, T. S.; ZIMMERMAN, D. R. Effect of chronic immune system activation on the rate, efficiency composition of growth, and lysine needs of pig feed from 6 to 27 kg. **Journal of Animal Science**, v.75, n.9, p.2463-2471, 1997.
- XIAO, H.; SHAO, F.; WU, M.; REN, W.; XIONG, X.; TAN, B.; YIN, Y. The application of antimicrobial peptides as growth and health promoters for swine. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v.6, n.19, p.1-6, 2015.
- XIAOMING, C.; YING, F.; HONG, Z.; Review of the nutritive value of edible insects. Edible insects and other invertebrates in Australia: future prospects. **Proceedings of a Workshop on Asia-Pacific Resources and their potential for development**, p.85-92, Bangkok, 2010.
- YAMADA, K.; NATORI, S. Purification, sequence and antibacterial activity of two novel sapecin homologues from *Sarcophaga* embryonic cells: similarity of sapecin B to charybdotoxin. **The Biochemical Journal**, v.291, p.275-279, 1993.

YI, H. Y.; CHOWDHURY, M.; HUANG, Y. D.; YU, X. Q. Insect antimicrobial peptides and their applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.98, n.13, p.5807-5822, 2014.

YOSHIDA, Y. Umami taste and traditional seasonings. **Food Reviews International**, v.14, n.2-3, p.1610-1615, 1998.

ZASLOFF, M. Antimicrobial peptides of multicellular organisms. **Nature**, v.415, p.389-395, 2002.

ZHENG, L.; HOU, Y.; LI, W.; YANG, S.; LI, Q.; YU, Z. Exploring the potential of grease from yellow mealworm beetle (*Tenebrio molitor*) as a novel biodiesel feedstock. **Applied Energy**, v.101, p.618-623, 2013.

ZHENG, L.; LI, Q.; ZHANG, J.; YU, Z. Double the biodiesel yield: rearing black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, on solid residual fraction of restaurant waste after grease extraction for biodiesel production. **Renewable Energy**, v.41, p.75-79, 2012.

ZHUANG, P.; ZOU, H.; SHU, H.; Biotransfer of heavy metals along a soil-plant-insect-chicken food chain: field study. **Journal of Environmental Sciences**, v. 21, n.6, p.849-853, 2009.

ŻYŁOWSKA, M.; WYSZYŃSKA, A.; JAGUSZTYN - KRYNICK A, E. K. Defensyny - peptydy o aktywności przeciwbakteryjnej. **Postepy Mikrobiologii**, v.50, n.3, p.223-234, 2011.

## OBJETIVOS

### 6. 1. Objetivo Geral

- Avaliar o desempenho zootécnico, qualidade dos ovos e imunidade de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia illucens*.

### 6. 2. Objetivos Específicos

- Determinar o valor nutricional da farinha de larvas de *Hermetia Illucens*;
- Avaliar o desempenho zootécnico (consumo de ração, conversão alimentar, peso médio e massa dos ovos) de poedeiras comerciais alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de farinha de larvas de *Hermetia Illucens*;
- Estudar as características de qualidade interna (pH da gema e albúmen, coloração da gema, unidade Haugh, índice de gema, porcentagem de albúmen, gema e casca) e externa (espessura de casca) dos ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia Illucens*;
- Avaliar a análise sensorial de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia Illucens*;
- Analisar a quantidade de anticorpos IgY no soro e gema dos ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia Illucens*;

## 7. ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 1 – Desempenho, qualidade dos ovos e resposta imune humoral de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro

*(Hermetia illucens)*

<sup>1</sup>Artigo científico escrito com base nas normas para publicação do periódico Poultry Science (ANEXO C), exceto o idioma, que está em português.

1 **Desempenho, qualidade dos ovos e resposta imune humoral de poedeiras alimentadas com**  
2 **diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens*)**

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15 Name: Alexandre Oba

16 Address: Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Zootecnia.

17 Rodovia Celso Garcia Cid, Km 308, s/n

18 Jardim Portal de Versalhes 1, Zip Code: 86057970 – Londrina, PR – Brazil.

19 Telephone: +554333715974

20 FAX Number: +554333714079

21 E-mail address:oba@uel.br

22

23

24

25

26

27

28 **RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de diferentes níveis de farinha de larvas de  
29 moscas de soldado negro (FLMSN) não desengordurada no desempenho, qualidade e resposta imune  
30 humoral de poedeiras. Foram utilizadas 192 poedeiras da linhagem Bovans de 25 semanas de idade  
31 por um período de 63 dias, dividido em três ciclos de 21 dias. Os tratamentos experimentais  
32 consistiram na inclusão de FLMSN nos níveis de 0, 3, 6 e 9% na dieta das aves. Os parâmetros  
33 analisados foram consumo de ração (g/ave/dia), porcentagem de postura, peso médio dos ovos (g),  
34 massa dos ovos (g de ovos/ave/dia), conversão alimentar por kg de ração e por dúzia, coloração da  
35 gema, unidade Haugh, índice de gema, pH do albúmen e gema, porcentagem de albúmen, gema e  
36 casca, espessura de casca e quantificação de IgY sérico e na gema de ovos. O delineamento  
37 experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos, seis repetições e oito aves por  
38 unidade experimental. Os dados foram submetidos à análise de variância e posteriormente a uma  
39 análise de regressão polinomial usando o software estatístico R. A inclusão de FLMSN não afetou  
40 ( $P>0,05$ ) o desempenho dos animais. Em relação à qualidade dos ovos, houve efeito quadrático ( $\hat{Y} =$   
41  $98,72925 + 0,65364x - 0,07458x^2$ ) para unidade Haugh, efeito linear decrescente ( $\hat{Y} = 65,15 -$   
42  $0,525185x$ ) para porcentagem de albúmen e linear crescente ( $\hat{Y} = 25,28 + 0,41889x$ ) para porcentagem  
43 de gema, além disso, não foi observada alteração nos níveis de anticorpos IgY na gema ou soro.  
44 Conclui-se que a FLMSN pode ser usada até 9% de inclusão na dieta de poedeiras mantendo  
45 desempenho e resposta imune satisfatória, além de influenciar na unidade Haugh, porcentagem de  
46 albúmen e gema.

47

48 **Palavras-chave:** Farinha de larvas de mosca de soldado negro, qualidade do ovo, desempenho

49

50

51

52

## INTRODUÇÃO

53

54 O uso de insetos na agricultura é atrativo, por causa da alta eficiência na conversão  
55 alimentar (Halloran e Vantomme, 2013), baixa produção de gases de efeito estufa (Oonincx *et*  
56 *al.*, 2010), pegada hídrica inferior a de outros animais (Miglietta *et al.*, 2015), menor área para  
57 sua produção (Dobermann, Swift e Field, 2017) e por possuírem como substrato para seu  
58 desenvolvimento resíduos orgânicos, bioconvertendo-os em produtos finais de alto valor  
59 nutricional (Veldkamp *et al.*, 2012) sendo assim considerado um potencial alimento para  
60 melhorar a sustentabilidade das dietas de animais e atender a crescente demanda global por  
61 produtos pecuários (Verbeke *et al.*, 2015).

62

Em consideração a nutrição animal, alguns insetos já estão sendo avaliados na dieta de  
63 aves, como larvas de mosca doméstica (Zuidhof *et al.*, 2003), gafanhotos (Sun *et al.*, 2012),  
64 grilos (Wang *et al.*, 2005), pupa de bicho-da-seda (Jintasataporn, 2012), larva de tenebrio  
65 molitor (Biasato *et al.*, 2017), baratas (Hopley, 2016) e larva de mosca de soldado negro (De  
66 Marco *et al.*, 2015; Barragan-Fonseca *et al.*, 2017).

67

Dentre estes insetos utilizados na nutrição de aves, destaca-se as larvas de mosca de  
68 soldado negro por apresentar benefícios potenciais, como o alto valor nutricional (Spranghers  
69 *et al.*, 2017), ação prebiótica (Borrelli *et al.*, 2017), antimicrobiana (Elhag *et al.*, 2017) e  
70 imunológica (Lee *et al.*, 2018). Com a finalidade de garantir este alimento como um novo  
71 ingrediente na nutrição de aves é necessário a investigação do melhor nível para produção  
72 animal.

73

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de diferentes níveis de farinha  
74 de larvas de moscas de soldado negro (FLMSN) não desengordurada no desempenho,  
75 qualidade e resposta imune humoral de poedeiras.

76

77

## MATERIAL E MÉTODOS

78

79

80 Os procedimentos experimentais descritos neste estudo foram aprovados pelo Comitê  
81 de Ética no Uso de Animais da Universidade, com protocolo n° 17042.2017.04.

82

### 83 *Delineamento experimental*

84

85 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em  
86 esquema de regressão polinomial, com quatro tratamentos (0, 3, 6 e 9% de inclusão de  
87 FLMSN), seis repetições e oito aves por unidade experimental.

88

### 89 *Animais e Tratamentos*

90

91 Foram utilizadas 192 galinhas poedeiras comerciais leves da linhagem Bovans, com  
92 25 até 36 semanas de idade, por um período de 63 dias, divididos em três ciclos de 21 dias. As  
93 aves foram alojadas em 24 gaiolas de arame galvanizado, medindo 100 cm de comprimento  
94 (dividido em dois compartimentos de 50 cm) x 45 cm de profundidade x 40 cm de altura,  
95 providas de comedouros individualizados tipo calha de madeira e bebedouros tipo copo,  
96 confeccionados em plásticos, distribuídos lateralmente nas divisórias das gaiolas, atendendo a  
97 quatro aves cada um. As gaiolas foram instaladas em um galpão do tipo convencional  
98 apresentando as respectivas dimensões: 24 m de comprimento, 5,50 m de largura, pé direito  
99 de 2,80 m, com cobertura de telha fibrocimento. O programa de iluminação foi de 16 horas  
100 por dia (iluminação natural + artificial).

101 As rações experimentais foram à base de milho e farelo de soja e atenderam as  
102 exigências mínimas preconizadas por Rostagno *et al.* (2017). Os tratamentos experimentais  
103 consistiram na inclusão de diferentes níveis de farinhas de larvas de mosca de soldado negro

104 (*Hermetia illucens*) (0, 3, 6 e 9%) na dieta das galinhas poedeiras. As larvas de mosca de  
105 soldado negro foram fornecidas pela empresa BUG agentes biológicos (Piracicaba-SP), as  
106 larvas eram alimentadas com resíduos de grãos.

107 A determinação de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da  
108 FLSMN não desengordurada (Tabela 1) foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela  
109 Associação de Analistas Químicos Oficiais (AOAC, 2004). As análises de aminoácidos da  
110 FLMSN foram feitas conforme o método 994.12 da Associação de Analistas Químicos  
111 Oficiais (AOAC, 2000). Amostras foram hidrolisadas em 6M HCl a 112°C por 22 horas. A  
112 oxidação do ácido perfórmico ocorreu antes da hidrólise ácida. Os amino ácidos hidrolisados  
113 foram determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC) na Evonik  
114 LTDA®, localizada na Alemanha. Os valores de energia metabolizável aparente (EMa) de  
115 4.044 kcal/kg foram publicados por Barbosa Filho *et al.* (2018). Os teores usados para o teor  
116 de cálcio, fósforo e sódio disponível foram respectivamente 6,9%, 0,91% e 0,12% (Marono *et*  
117 *al.*, 2017).

118

### 119 ***Desempenho zootécnico***

120

121 Os parâmetros de desempenho zootécnico avaliados foram: consumo de ração  
122 (g/ave/dia), porcentagem de postura, peso médio dos ovos (g), massa dos ovos (g de  
123 ovos/ave/dia) e conversão alimentar por kg de ração e por dúzia.

124

### 125 ***Qualidade de ovos***

126

127 Ao final de cada ciclo, por três dias consecutivos, foram coletados todos os ovos de  
128 cada parcela experimental, sendo posteriormente pesados e selecionados apenas os ovos  
129 íntegros. Em consideração ao peso médio dos ovos da parcela eram selecionados três ovos

130 com o peso mais próximo a média e posteriormente submetidas às seguintes análises de  
131 qualidade do ovo:

132

### 133 ***Coloração da gema***

134

135 A coloração da gema foi determinada por meio de um leque colorimétrico DSM<sup>®</sup>  
136 (Yolk Color Fan), com escores para cor variando de 1 a 15.

137

### 138 ***Unidade Haugh***

139

140 Os ovos foram pesados individualmente em balança de precisão e em seguida  
141 quebrados sobre uma mesa de vidro, onde a altura do albúmen foi medida através de um  
142 paquímetro. Com a medida da altura do albúmen e o peso do ovo foram determinados os  
143 valores de unidade Haugh, utilizando a seguinte equação (Nesheim *et al.*, 1979):

144

$$UH = 100 \times \log (H - 1,7P^{0,37} + 7,57)$$

145

146 Em que:

147 UH = Unidade Haugh

148 H = altura do albúmen (mm)

149 P = peso do ovo (g)

150

151

152

153

154

155 ***Índice de gema***

156

157 Foi determinado com o auxílio de um paquímetro manual ( $\pm 0,5$  mm), no qual foi  
158 mensurado a altura e o diâmetro da gema. Com base nos valores obtidos foi calculado o índice  
159 de gema por meio da seguinte fórmula:

160 
$$IG = AG / DG,$$

161 sendo:

162 IG = índice de gema

163 AG = altura da gema

164 DG = diâmetro da gema

165

166 ***Determinação do pH do albúmen e da gema***

167

168 A determinação do pH do albúmen e da gema foi realizado com o auxílio de um  
169 pHmetro digital da marca Testo AG, modelo 205.

170

171 ***Determinação de porcentagem de albúmen, gema e casca***

172

173 As porcentagens de albúmen, gema e casca foram obtidas dividindo-se os respectivos  
174 pesos pelo peso do ovo inteiro e o resultado multiplicado por 100. Para a determinação da  
175 porcentagem de casca, as mesmas foram lavadas, submetidas à secagem por 48 horas em  
176 temperatura ambiente e então pesadas.

177

178

179

## 180 *Espessura de casca*

181

182 A espessura da casca foi determinada utilizando todas as cascas dos ovos que foram  
183 utilizadas na determinação da porcentagem da casca, no qual estas foram devidamente secas  
184 ao ar em temperatura ambiente. Posteriormente com auxílio de um micrômetro externo digital  
185 (Digimess<sup>®</sup>, com leitura de 0,01 mm e exatidão de  $\pm 0,02$  mm) foi mensurado as quatro partes  
186 equatoriais da casca. Após a determinação desses valores realizou-se uma média obtendo o  
187 resultado final.

188

## 189 *Quantificação de Anticorpos*

190

191 No final do experimento, duas aves por parcela experimental foram selecionadas  
192 aleatoriamente para a coleta de sangue, sendo o material armazenado em tubos.  
193 Posteriormente o sangue foi centrifugado a 1500rpm para obtenção do soro e armazenado em  
194 microtubos, o qual foi armazenado em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises. Quanto  
195 aos ovos, foram coletados dois ovos por parcela experimental, sendo posteriormente também  
196 armazenados em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises.

197

198 A quantidade de anticorpos IgY do soro e da gema dos ovos das poedeiras foi  
199 determinada utilizando o kit de quantificação de IgY ELISA (Bethyl Laboratories, inc).  
200 Inicialmente adicionou-se 50  $\mu\text{L}$  do anticorpo de captura anti-IgY diluído em tampão  
201 bicarbonato-carbonato,  $\text{pH} = 9,6$  a cada poço em duplicata. Em seguida, essas amostras  
202 foram incubadas *overnight* a  $4^{\circ}\text{C}$ . Depois, foi feito bloqueio com PBS 1x leite em pó  
203 desnatado (PBSL) 5%, nas placas e incubadas por 2h em estufa a  $37^{\circ}\text{C}$ . Após isto, as placas  
204 foram lavadas uma vez com PBS 1x e posteriormente colocada as amostras (50  $\mu\text{L}$ /poço) de  
soro (1:250.000), gema (1:180.000) diluídas em PBS 1x leite em pó desnatado 1% PBSL e

205 novamente submetidas a incubação por 1h. A seguir as placas foram lavadas três vezes com  
206 solução tween 0,05% (200 µL/poço) e em seguida adicionado o conjugado (anticorpo  
207 secundário anti-IgY conjugado com peroxidase, diluído em PBS1X leite 1%) e levado para  
208 incubar na estufa a 37°C por uma hora. Após isso, lavou-se novamente com tween 0,05% três  
209 vezes (200 µL/poço) e adicionou-se o substrato (TMB, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, acetato de sódio, pH = 5,0).  
210 Depois deixou desenvolver a placa no escuro à temperatura ambiente por 30 minutos.  
211 Interrompeu-se a reação adicionando 50 µL de solução de ácido sulfúrico 2N. A densidade  
212 óptica foi determinada em leitor multiskan Thermo Plate (Tp-Reader, Rayto Life and  
213 Analytical Sciences Co. Ltd, Germany) a 450 nm.

214

### 215 *Análise Estatística*

216

217 Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e posteriormente ao teste de  
218 regressão polinomial, pelo *software* estatístico R 3.2.2 (R Core Team, 2015).

219

## 220 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### 221 *Desempenho*

222

223 Os resultados de desempenho zootécnico (Tabela 3) mostram que a inclusão dos  
224 diferentes níveis de FLMSN na dieta de galinhas poedeiras não influenciou (P>0,05) no  
225 consumo de ração, peso médio dos ovos, conversão alimentar, porcentagem de postura e  
226 massa dos ovos.

227 Al-Qazzaz *et al.* (2016), usando os níveis de 1% e 5% de FLMSN não  
228 desengordurada, e Maurer *et al.* (2016), utilizando FLMSN parcialmente desengordurada com  
229 inclusão de 12% e 24% na dieta de galinhas poedeiras, também não observaram diferenças no

230 consumo de ração quando comparado com a dieta controle. Por outro lado, Borrelli *et al.*  
231 (2017), Marono *et al.* (2017) e Secci *et al.* (2018), usando valores de 10 até 17% de FLMSN  
232 desengordurada, observaram redução no consumo de ração (125g para 108g) em 13,6%  
233 quando comparado com dietas formuladas a base de farelo de soja. Além disso, verificou-se  
234 uma melhor conversão alimentar (2,17 vs 1,97), quando adicionado, conforme apresentado na  
235 pesquisa de Marono *et al.* (2017).

236 A redução do consumo de ração pode ser explicada pelo teor de quitina na FLMSN, no  
237 qual Hyuben *et al.* (2019) observaram que a inclusão de 30% deste ingrediente proporcionou  
238 19 g quitina/kg de ração, por outro lado, a FLMSN desengordurada tem um teor de 28 g/kg.  
239 Segundo Cody (1989), a quitina pode atuar como substrato, aumentando a proliferação da  
240 bactérias quitinolíticas, o qual é representado pelo filo *Firmicutes*, que aumenta a produção de  
241 ácido graxo butírico em frangos de corte. Este ácido graxo é considerado a principal fonte de  
242 energia dos enterócitos, estimulando o crescimento de células da mucosa intestinal e  
243 manutenção do trato gastrointestinal. Com isto, há uma maior quantidade de ácido butírico e  
244 um aumento de nutrientes para os enterócitos que aumentam o fluxo sanguíneo através do  
245 intestino, proporcionando maior transporte e absorção dos nutrientes, proporcionando assim  
246 um menor consumo de ração.

247 Os resultados encontrados para peso médio dos ovos e porcentagem de postura  
248 corroboram com os obtidos por Maurer *et al.* (2016), no qual não identificaram diferença com  
249 a inclusão de FLMSN parcialmente desengordurada na dieta de poedeiras. De acordo com  
250 Leeson e Summers (2005), a energia e os aminoácidos são os principais fatores que  
251 influenciam na porcentagem de postura e peso médio dos ovos.

252

253

254

255 ***Qualidade de ovos***

256

257 O uso dos diferentes níveis da inclusão da FLMSN não demonstrou efeito ( $P>0,05$ )  
258 para a porcentagem de casca, no entanto averigou-se que houve uma redução linear na  
259 porcentagem de albúmen e um aumento linear para porcentagem de gema (Tabela 4). Estes  
260 resultados corroboram com os encontrados por Secci *et al.* (2018), no qual avaliaram a  
261 substituição total de farelo de soja por FLMSN desengordurada.

262 A FLMSN é considerada uma fonte de alto valor nutricional (Józefiak *et al.*, 2016),  
263 com níveis de lipídios entre 15 até 35% (Makkar *et al.*, 2014), proteína entre 40 até 63%  
264 (Makkar *et al.*, 2014; Spranghers *et al.*, 2017) e ainda altos níveis de cálcio (6,6-9,3% na  
265 matéria seca) (Finke, 2013; Makkar *et al.*, 2014; Spranghers *et al.*, 2017), mineral considerado  
266 importante para formação da casca (Kaur *et al.*, 2013).

267 Entretanto, a FLMSN também contém um polissacarídeo presente no exoesqueleto dos  
268 artrópodes (Marono *et al.*, 2017), quitina, a qual não é digestível por animais monogástricos  
269 (Sanchez-Muros *et al.*, 2014) e níveis acima de 3,23% afetam o desempenho e a  
270 digestibilidade de aminoácidos e proteína (Khempaka *et al.*, 2006; Finke, 2007; Khempaka *et*  
271 *al.*, 2011; Longvah *et al.*, 2011). Quanto ao aumento na porcentagem de gema, Whitehead *et*  
272 *al.* (1991) registraram que o teor de ácido graxo essencial na dieta de poedeiras influencia  
273 diretamente no transporte de lipídios para o ovário. Secci *et al.* (2018), ao avaliarem o perfil  
274 de ácido graxo de gemas de ovos de poedeiras alimentadas com dietas à base de farelo de soja  
275 e FLMSN, encontraram significativamente maior teor de ácido linoleico (+14,4%) e ácido  
276 esteárico (+4,4%) em ovos provenientes de poedeiras que receberam FLMSN, comparado  
277 com o farelo de soja. Considerando que neste, os autores usaram níveis crescentes de  
278 FLMSN, pode-se dizer que houve também uma deposição gradativa de ácido graxo.

279 Com relação à inclusão dos diferentes níveis de FLMSN na dieta das poedeiras, houve  
280 um efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para unidade Haugh (Tabela 5), no qual o ponto de máxima  
281 inclusão de FLMSN foi o nível de 4,38%. Não houve diferença significativa ( $P > 0,05$ ) para as  
282 variáveis coloração da gema, índice de gema, pH do albúmen e gema espessura de casca  
283 (Tabela 5).

284 O resultado para unidade Haugh pode ser explicado pelos níveis de aminoácidos  
285 presentes na FLMSN e a digestibilidade deles (De Marco *et al.*, 2015). Entre os aminoácidos  
286 responsáveis por este resultado tem-se a lisina, a qual possui uma digestibilidade de 0,46 e é  
287 responsável pela deposição de proteína no albúmen. Por outro lado, a FLMSN também  
288 apresenta arginina, que em altas quantidades e devido a maior digestibilidade (0,83) pode  
289 provocar uma redução no teor de albúmen (De Marco *et al.*, 2015), visto que estes dois  
290 aminoácidos competem pelo mesmo sítio de absorção (Costa *et al.*, 2008).

291 Em relação à coloração da gema, Finke (2013) relata que a mosca do soldado negro  
292 contém beta-caroteno (0,20 mg/kg), luteína (0,6 mg/kg) e zeaxantina (1,3 mg/kg),  
293 carotenoides responsáveis pela pigmentação nos alimentos. Mediante esses teores,  
294 possivelmente os teores de inclusão não foram suficiente para obter-se diferença na cor da  
295 gema.

296 Secci *et al.* (2018), substituindo farelo de soja por FLMSN desengordurada,  
297 verificaram que não houve efeito significativo no pH da gema. O valor do pH do albúmen e  
298 da gema é influenciada pelo tempo de armazenamento e temperatura (Oliveira *et al.*, 2010).  
299 Visto que esta análise foi realizada com ovos frescos, não houve diferenças nesta variável.

300 Levando em consideração que nesta pesquisa as dietas utilizadas eram balanceadas e  
301 proporcionou melhor qualidade de ovos, pode-se afirmar então que a FLMSN é um potencial  
302 alimento na nutrição de poedeiras, podendo ser usado como alimento alternativo e ainda com  
303 elevada importância devido a ser um alimento sustentável.

304 ***Quantificação de IgY no soro e gema de ovos***

305

306 Os resultados de quantificação de IgY no soro e gema de ovos (Tabela 6) de poedeiras  
307 alimentadas com diferentes níveis de inclusão de FLMSN não apresentou diferença ( $P>0,05$ )  
308 entre os tratamentos. Finke (2007) registrou que a FLMSN possui um teor de 2,7 a 49,8 g/kg  
309 de quitina e, de acordo com Tokura *et al.* (1999), o aumento de quitina aumenta a produção de  
310 anticorpos. O fato de não ter promovido aumento nos níveis de imunoglobulina nessa  
311 pesquisa pode ser atribuída ao baixo teor de quitina na FLMSN não desengordurada, visto que  
312 o teor de gordura é 36,99%, portanto a quitina em termos percentuais no momento é baixa.

313

314

**CONCLUSÃO**

315

316 A FLMSN pode ser usada na dieta de galinhas poedeiras até o nível de inclusão de 9%  
317 com a manutenção do desempenho e da produção de anticorpos séricos e na gema de ovos. A  
318 inclusão de FLMSN favorece a qualidade do ovo, aumentando a porcentagem de gema e  
319 melhorando a unidade Haugh.

320

321

**REFERENCIAS**

322

323 Al-Qazzaz, M. F. A., D. Ismail, H. Akit, and L. H. Idris. 2016. Effect of using insect larvae  
324 meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics of laying hens.  
325 Rev. Bras. Zootec. 45:518-523.

326

- 327 AOAC (2000) Official methods of analysis of AOAC International, 17th Ed., Revision I,  
328 Gaithersburg, M. D, USA, Official Method. 930.15, 920.35, 962.09, 942.05, 973.18, 2002.04,  
329 994.12, 986.06.
- 330
- 331 AOAC, 2004. Official methods of analysis. 18 th ed., Association of Official Analytical  
332 Chemists, Washington, DC, USA.
- 333
- 334 Barbosa Filho, J.A., A. C. Hoffmann, A. E. B. Moraes, A. K. F. Carneiro, A. M. Saito, C. T.  
335 Ogasawara, L. T. Diniz, S. M. Simonelli and A. Oba. Performance of laying hens fed with  
336 different levels of black soldier fly larvae meal (*Hermetia illucens*). 2<sup>nd</sup> Latin American  
337 Scientific Conference Poult. Sci. 97 (E-Suppl. 2). (Abstr).
- 338
- 339 Barragan-Fonseca, K. B., M. Dicke, and J. J. A. van Loon. 2017. Nutritional value of the  
340 black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. J. Insects  
341 Food and Feed. 3:105-120.
- 342
- 343 Biasato, I., L. Gasco, M. De Marco, M. Renna, L. Rotolo, S. Dabbou, M. T. Capucchio, E.  
344 Biasibetti, M. Tarantola, C. Bianchi, L. Cavallarín, F. Gai, L. Pozzo, D. Dezzuto, S.  
345 Bergagna, and A. Schiavone. 2017. Effects of yellow larvae (*Tenebrio molitor*) inclusion in  
346 diets for female broiler chickens: implications for animal health and gut histology. Anim.  
347 Feed Sci. Technol. 234:253-263.
- 348
- 349 Borrelli, L., L. Coretti, L. Dipineto, F. Bovera, F. Menna, L. Chiariotti, A. Nizza, F. Lembo,  
350 and A. Fioretti. 2017. Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut  
351 microbiota composition and SCFAs production in laying hens. Sci. Rep. 7. 16269.

352

353 Cody, R. 1989. Distribution of chitinase and chitobiase in *Bacillus*. *Curr. Microbiol.* 19:201-  
354 205.

355

356 Costa, F. G. P., V. P. Rodrigues, C. C. Goulart, R. C. Lima Neto, J. G. Souza, and J. H. V.  
357 Silva. 2008. Digestible lysine requirements for laying Japanese quails. *Rev. Bras. Zootec.*  
358 37:2136-2140.

359

360 De Marco, M., S. Martínez, F. Hernandez, J. Madrid, F. Gai, L. Rotolo, M. Belforti, D.  
361 Bergero, H. Katz, S. Dabbou, A. Kovitvadhi, I. Zoccarato, L. Gasco, and A. Schiavone. 2015.  
362 Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for  
363 broiler chickens: apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and  
364 apparent metabolizable energy. *Anim. Feed Sci. Technol.* 209:211-218.

365

366 Dobermann, D., J. A. Swift, and L. M. Field. 2017. Opportunities and hurdles of edible  
367 insects for food and feed. *Nutr. Bull.* 42:293-308.

368

369 Elhag, O., D. Zhou, Q. Song, A. A. Soomro, M. Cai, L. Zheng, Z. Yu, and J. Zhang. 2017.  
370 Screening, expression, purification and functional characterization of novel antimicrobial  
371 peptide genes from *Hermetia illucens* (L.). *PloS One.* 12:1. doi:  
372 10.1371/journal.pone.0169582.

373

374 Finke, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biol.* 26: 105-115.

375

- 376 Finke, M. D. 2013. Complete nutrient content of four species of feeder insects. *Zoo Biol.*  
377 32:27-36.  
378
- 379 Halloran, A., and P. Vantomme. 2013. The contribution of insects to food security, livelihoods  
380 and the environment. FAO. [http://<www.fao.org/forestry/edibleinsects>./](http://www.fao.org/forestry/edibleinsects/) Accessed Dec.  
381 2018.  
382
- 383 Hopley, D. The evaluation of the potential of *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Naophoeta*  
384 *cinerea*, *Blaptica dubia*, *Gromphardhina portentosa*, *Periplaneta americana*, *Blatta lateralis*,  
385 *Oxyhalao duesta* and *Hermetia illucens* for use in poultry feeds. 2016. Doctoral Thesis.  
386 Stellenbosch University, Stellenbosch, South Africa.  
387
- 388 Huyben, D., A. Vidakovic, S. W. Hallgren and M. Langeland. High-throughput sequencing of  
389 gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of  
390 black soldier fly (*Hermetia illucens*). 2019. *Aquaculture*. 500:485-491.  
391
- 392 Jintasatporn, O. 2012. Production performance of broiler chickens fed with Silkworm pupa  
393 (*Bombyx mori*). *J. Agr. Sci. Tech.* 2:505-510.  
394
- 395 Jordão Filho, J., J. H. V. Silva, E. L. Silva, M. L. G. Ribeiro, F. G. P. Costa, and P. B.  
396 Rodrigues. 2006. Lysine requirement of semi-heavy laying hens during the peak of egg  
397 production. *Rev. Bras. Zootec.* 35:1728-1734.  
398

- 399 Józefiak, D., A. Józefiak, B. Kieronczyk, M. Rawski, S. Swiatkiewicz, J. Dlugosz, R. M.  
400 Engberg. 2016. Insects – a natural nutrient source for poultry – a review. *Ann. Anim. Sci.*  
401 16:297-313.
- 402
- 403 Kaur, R., B. M. Rathgeber, K. L. Thompson, and J. MacIsaac. 2013. Uterine fluid proteins  
404 and egg quality characteristics for 2 commercial and 2 heritage laying hen lines in response to  
405 manipulation of dietary calcium and vitamin D<sub>3</sub>. *Poult. Sci.* 92:2419-2432.
- 406
- 407 Khempaka, S., M. Mochizuki, K. Katsuki and Y. Karasawa. Effect of chitin in shrimp meal  
408 on growth performance and digestibility in growing broilers. *J. Poult. Sci.* 43:339-343.
- 409
- 410 Khempaka, S., C. Chisatchapong, and W. Molee. 2011. Effect of chitin and protein  
411 constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal  
412 microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *J. Appl. Poult.*  
413 *Res.* 20:1-11.
- 414
- 415 Lee, J., Y. M. Kim, Y. K. Park, Y. C. Yang, B. G. Jung, and B. J. Lee. 2018. Black soldier fly  
416 (*Hermetia illucens*) larvae enhances immune activities and increase survivability of broiler  
417 chicks against experimental infection of *Salmonella Gallinarum*. *J. Vet. Med. Sci.* 80:736-  
418 740.
- 419
- 420 Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3th ed. Publ. Univ.  
421 Books, Guelph, Ontario, Canada.
- 422

- 423 Li, S., J. Hong, B. Zhang, J. Tian, J. Zhou, and H. Yu. 2016. Influence of black soldier fly  
424 (*Hermetia illucens*) larvae oil growth performance, body composition, tissue fatty acid  
425 composition and lipid deposition in juvenile Jian carp (*Cryprinus carpio* var. Jian).  
426 *Aquaculture*. 465:43-52.  
427
- 428 Lima Neto, R. C., F. G. P. Costa, J. H. V. Silva, L. R. Barros, C. F. S. Oliveira, and J. S.  
429 Costa. 2008. Crude protein and metabolizable energy levels for egg-type pullets from 1 to 18  
430 weeks of age. *Sci. Agr.* 32:258-266.  
431
- 432 Longvah, T., K. Mangthya, and P. Ramulu. 2011. Nutrient composition and protein quality  
433 evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem.* 128:400-403.  
434
- 435 Makkar, H. P. S., G. Tran, V. Heuzé, and P. Ankers. 2014. State-of-the-art on use of insects  
436 as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 197: 1-33.  
437
- 438 Marono, S., R. Loponte, P. Lombardi, G. Vassalotti, M. E. Pero, F. Russo, L. Gasco, G.  
439 Parisi, G. Piccolo, S. Nizza, C. di Meo, Y. A. Attia, and F. Bovera. 2017. Productive  
440 performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total  
441 replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poult. Sci.* 96:1783-1790.  
442
- 443 Maurer, V., M. Holinger, Z. Amsler, B. Früh, J. Wohlfahrt, A. Stamer, and F. Leiber. 2016.  
444 Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J. Insects Food*  
445 *and Feed*, 2:83-90.  
446

- 447 Miglietta, P. P., F. Leo, and M. Ruberti. 2015. Mealworms for a food: a water footprint  
448 perspective. *Water*. 7:6190-203.
- 449
- 450 Nesheim, M. C., R. E. Austic, and I. E. Card. 1979. *Poultry Production*. 12th ed. Lea and  
451 Febiger, Malvern, PA.
- 452
- 453 Oliveira, D. D., N. C. Baião, S. V. Cançado, T. C. Figueiredo, L. J. C. Lara, and A. M. Q.  
454 Lana. 2010. Lipids sources on layer hen diet: performance and egg quality. *Arq. Bras. Med.*  
455 *Vet. Zootec.* 62:718-724.
- 456
- 457 Oonincx, D. G. A. B., J. Van Itterbeeck, M. J. W. Heetkamp, H. Van den Brand, J. J. A. V.  
458 van Loon, and A. van Huis. 2010. An exploration on greenhouse gas and Ammonia  
459 Production by Insect Species Sustainable for Animal or Human Consumption. *PloS One*. 5: 12.  
460 doi: 10.1371/journal.pone.0014445.
- 461
- 462 Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, M. I. Hannas, J. L. Donzele, N. K. Sakomura, F. G. Perazzo,  
463 A. Saraiva, M. L. T. Abreu, P. B. Rodrigues, R. F. Oliveira, S. L. T. Barreto, and C. O. Brito.  
464 2017. *Brazilian tables for poultry and swine: feed composition and nutritional requirements*.  
465 4rd ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.
- 466
- 467 Sánchez-Muros, M. J., F. G. Barroso, and F. Manzano-Agugliaro. 2014. Insect meal as  
468 renewable source of food for animal feeding: A review. *J. Clean. Prod.* 65:16-27.
- 469

- 470 Secci, G., F. Bovera, S. Nizza, N. Baronti, L. Gasco, G. Conte, A. Serra, A. Bonelli, and G.  
471 Parisi. 2018. Quality of eggs from Lohmann Brown Classic laying hens fed black soldier fly  
472 meal as a substitute for soya bean. *Animal*. 12:2191-2197.
- 473
- 474 Spranghers, T., M. Ottoboni, C. Klootwijk, A. Owyn, S. Deboosere, B. Meulenaer, J.  
475 Michiels, M. Eeckhout, P. Clercq, and S. Smet. 2017. Nutritional composition of black soldier  
476 fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food*  
477 *Agric.* 97:2594-2600.
- 478
- 479 Sun, T., R. J. Long, Z. Y. Liu, W. R. Ding, and Y. Zhang. 2012. Aspects of lipid oxidation of  
480 meat from free-range broilers consuming a diet containing grasshoppers on alpine steppe of  
481 the Tibetan Plateau. *Poult. Sci.* 91:224-231.
- 482
- 483 Tokura, S., H. Tamura and I. Azuma. 1999. Immunological aspects of chitin and chitin  
484 derivatives administered to animals. *EXS.* 87:279-292.
- 485
- 486 Veldkamp, T., G. van Duinkerken, A. van Huis, C. M. M. Lakemond, E. Ottevanger, G.  
487 Bosch, and M. A. J. S. van Boekel. 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and  
488 poultry diets – A feasibility study. In: Rapport 638. Wageningen Livestock Research,  
489 Available at: [http://www.wageningenur.nl/uploadmm/2/8/0/f\\_267\\_65b9-98b2-49a7-ae43-  
490 5251c5b694f6234247%5B1%5D](http://www.wageningenur.nl/uploadmm/2/8/0/f_267_65b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6234247%5B1%5D).
- 491
- 492 Verbeke, W., T. Spranghers, P. Clercq, S. Smet, B. Sas, and M. Eeckhout. 2015. Insects in  
493 animal feed: Acceptance and its determinants among farmers, agriculture sector stakeholders  
494 and citizens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 204:72-87.

495

496 Wang, D., S. W. Zhai, C. X. Zhang, Y. Y. Bai, S. H. An, and Y. N. Xu. 2005. Evaluation on  
497 nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 18:667-  
498 670.

499

500 Whitehead, C. C., Bowman A.S., and Griffin HD. 1991. The effects of dietary fat and bird age  
501 on the weights of egg components in the laying hen. *Brit. Poult. Sci.* 32:565-574.

502

503 Zuidhof, M. J., C. L. Molnar, F. M. Morley, T. L. Wray, F. E. Robinson, B. A. Khan, L. Al-  
504 Ani, and L.A. Goonewardene. 2003. Nutritive value of house fly (*Musca domestica*) larvae as  
505 a feed supplement for turkeys poults. *Anim. Feed Sci. Technol.* 105:225-230.

506

507

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521 **Tabela 1.** Composição de farinha de mosca de soldado negro (*Hermetia illucens* L.) não  
 522 desengordurada (% em matéria seca).

Composição	%
Matéria seca	94,27
Proteína bruta	40,28
Extrato etéreo	36,99
Matéria mineral	5,21
EM (kcal/kg)	4.044
Aminoácidos essenciais <sup>1</sup>	
Lisina	1,984
Metionina	0,485
Met+Cis	0,861
Treonina	1,354
Arginina	1,784
Histidina	1,159
Valina	2,096
Isoleucina	1,494
Leucina	2,396
Fenilalanina	1,753
Aminoácidos não-essenciais <sup>1</sup>	
Cistina	0,376
Alanina	3,437
Serina	1,613
Glicina	2,058
Prolina	2,272
Ácido Aspártico	2,974
Ácido glutâmico	4,029

523 <sup>1</sup>Valores em aminoácidos totais

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533 **Tabela 2.** Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações

Ingredientes (%)	Níveis (%)			
	0	3.0	6.0	9.0
Milho grão	57,660	58,126	58,592	59,058
Farelo de soja 46%	24,753	22,013	19,273	16,534
Calcário	10,638	10,644	10,650	10,656
Óleo de soja	4,131	3,328	2,525	1,723
FLMSN <sup>1</sup>	-	3,000	6,000	9,000
Fosfato bicálcico	1,534	1,563	1,592	1,621
Sal comum	0,514	0,515	0,517	0,518
DL-metionina	0,376	0,385	0,393	0,402
L-treonina	0,107	0,116	0,124	0,132
L-lisina	0,083	0,106	0,129	0,152
Vitamínico-mineral premix <sup>2</sup>	0,200	0,200	0,200	0,200
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Exigências Nutricionais</b>				
EM (kcal/kg)	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína bruta (%)	15,88	15,88	15,88	15,88
Cálcio (%)	4,564	4,771	4,978	5,185
Fósforo disponível (%)	0,382	0,409	0,437	0,464
Metionina+cistina (%)	0,864	0,864	0,864	0,864
Lisina (%)	0,891	0,891	0,891	0,891
Metionina (%)	0,472	0,472	0,472	0,472
Treonina (%)	0,713	0,713	0,713	0,713
Triptofano (%)	0,205	0,206	0,207	0,208
Sódio (%)	0,215	0,219	0,222	0,226

534 <sup>1</sup>FLMSN: farinha de larvas de mosca do soldado negro; <sup>2</sup>Composição por kg do produto: Vit. A: 500.000 UI; Vit. D3: 180.000 UI; Vit. E:  
535 625 UI; Vit. B1: 60 mg; Vit. B2: 280 mg; Vit. B6: 60 mg; Vit. B12: 875 mcg; Vit. K3: 80 mg; Pantotenato Cálcio: 700 mg; Niacina: 1 g;  
536 Etoxiqum: 5 mg; B.H.A.: 4 mg; Zinco: 5 g; Ferro: 4 g; Manganês: 5,2 g; Cobre: 21,2 mg; Iodo: 96,4 mg; Cobalto:21,2 mg; Selênio: 28 mg;  
537 Veículo: 200 g.

538

539

540

541

542

543

544

545 **Tabela 3.** Desempenho zootécnico de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha  
 546 de larvas de mosca de soldado negro (FLMSN).

Nível de FLMSN (%)	Variáveis analisadas					
	Consumo ração (g/ave/dia)	Peso médio do ovo (g)	Massa ovo (%)	Conversão alimentar (kg/kg)	Conversão alimentar (kg/dz)	Porcentagem de postura (%)
0	103,07±0,85	61,79±1,08	58,58±3,09	1,70±0,07	1,23±0,02	96,77±2,60
3,0	102,38±2,17	59,83±1,43	59,83±1,43	1,68±0,04	1,24±0,03	97,62±0,92
6,0	102,68±1,99	62,14±0,82	59,56±1,89	1,67±0,04	1,22±0,04	97,56±2,42
9,0	101,37±4,79	61,17±1,50	58,56±2,98	1,70±0,07	1,23±0,06	97,38±1,90
P-valor	0,370	0,589	0,939	0,974	0,695	0,640
Efeito Regressão	NS	NS	NS	NS	NS	NS

547 NS: não significativo

548

549 **Tabela 4.** Valores relativos dos componentes de ovos de poedeiras alimentadas com  
 550 diferentes níveis de farinha de larvas de moscas de soldado negro (FLMSN).

Nível de FLMSN (%)	Variáveis analisadas		
	Porcentagem de albúmen (%) <sup>1</sup>	Porcentagem de gema (%) <sup>2</sup>	Porcentagem de casca (%)
0	65,15±0,78	25,28±0,62	9,57±0,18
3,0	64,66±0,79	25,63±0,72	9,72±0,25
6,0	64,97±0,47	25,34±0,33	9,70±0,24
9,0	64,04±0,57	26,19±0,54	9,78±0,10
P-valor	0,021	0,030	0,109
Efeito Regressão	L	L	NS

551 <sup>1</sup>Efeito linear:  $\hat{Y} = 65,15 - 0,525185x$

552 <sup>2</sup>Efeito linear:  $\hat{Y} = 25,28 + 0,41889x$

553 NS = não significativo

554

555

556

557

558

559

560 **Tabela 5.** Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de farinha de  
 561 larvas de moscas de soldado negro (FLMSN).

Nível de FLMSN (%)	Variáveis analisadas					
	Unidade Haugh <sup>1</sup>	Coloração da gema	Índice de gema	pH albúmen	pH gema	Espessura de casca
0	98,86±0,41	6,51±0,33	0,46±0,006	8,16±0,04	5,96±0,03	0,371±0,008
3,0	99,63±1,16	6,85±0,20	0,47±0,008	8,19±0,04	5,98±0,05	0,374±0,009
6,0	100,36±0,95	6,78±0,20	0,47±0,006	8,16±0,06	5,98±0,02	0,375±0,008
9,0	98,44±1,43	6,77±0,17	0,47±0,006	8,22±0,04	6,00±0,03	0,374±0,004
P-valor	0,006	0,067	0,324	0,138	0,073	0,532
Efeito Regressão	Q	NS	NS	NS	NS	NS

562 <sup>1</sup>Efeito quadrático:  $\hat{Y} = 98,72925 + 0,65364 x - 0,07458 x^2$

563 NS = não significativo

564

565

566 **Tabela 6.** Quantificação de IgY do soro e gema de ovos de poedeiras alimentadas com  
 567 diferentes níveis de farinha de larvas de mosca de soldado negro (FLMSN).

Nível de FLMSN (%)	Variáveis analisadas	
	IgY soro (mg/mL)	IgY gema (mg/mL)
0	5,73±3,39	1,96±1,03
3,0	6,16±2,40	1,59±0,89
6,0	5,58±2,54	2,13±1,04
9,0	6,15±3,30	1,71±1,42
P-valor	0,85	0,90
Efeito Regressão	NS	NS

568 NS = não significativo

569

570

## 8. ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 2 – Efeito da farinha de larva de mosca de soldado negro dietética sobre a qualidade de ovos sob diferentes períodos de armazenamento

<sup>1</sup>Artigo científico escrito com base nas normas para publicação do periódico Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (ANEXO D), exceto o idioma, que está em português.

1 **Efeito da farinha de larva de mosca de soldado negro dietética sobre a qualidade de ovos sob diferentes**  
2 **períodos de armazenamento**

3

4 **\*Corresponding author: Alexandre Oba**

5 Tel: + 55-43-3371-5974

6 <sup>1</sup>Animal Science Department, Londrina State University, Londrina, Parana 86057-970, Brazil

7

8 **Título do manuscrito:** Efeito da farinha de larva de mosca de soldado negro dietética sobre a qualidade de ovos  
9 sob diferentes períodos de armazenamento

10

11 **RESUMO**

12

13 **Objetivo:** avaliar a análise sensorial e qualidade de ovos armazenados em diferentes períodos de armazenamento  
14 de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de mosca de soldado  
15 negro.

16 **Metodologia:** o experimento foi conduzido com ovos provenientes de poedeiras da linhagem Bovans de 36  
17 semanas de idade. Os tratamentos experimentais consistiram na inclusão de diferentes níveis de farinha de  
18 larvas de mosca de soldado negro (0, 3, 6 e 9%) na dieta de poedeiras. Os parâmetros avaliados foram: perda de  
19 peso (PP), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG), coloração da gema (CG)  
20 porcentagem de albúmen (PA), gema (PG) e casca (PC), pH do albúmen e gema e espessura de casca (EC) em  
21 diferentes períodos de armazenamento (0, 7, 14 e 21 dias).

22 **Resultados:** houve interação significativa entre os níveis de FLMSN x períodos de armazenamento para unidade  
23 Haugh e coloração da gema. Os diferentes níveis de FLMSN mostrou um efeito linear decrescente para PP ( $\hat{Y} =$   
24  $1,5192 - 0,0168x$ ) e aumento para GE ( $\hat{Y} = 1,0816 + 0,0001x$ ). Para tempo de armazenamento dos ovos, houve  
25 um efeito quadrático para PP ( $\hat{Y} = 0,8262 - 0,0436x + 0,0054x^2$ ), GE ( $\hat{Y} = 1,0944 - 0,0006x - 0,00003x^2$ ) e IG  
26 ( $\hat{Y} = 0,46 - 0,015x + 0,0003x^2$ ). Os níveis de inclusão de FLMSN e o período de armazenamento influenciaram  
27 ( $P < 0,05$ ) a PA e PG, no qual houve um efeito linear decrescente para PA ( $\hat{Y} = 62,7101 - 0,1319x$ ), enquanto que  
28 para PG houve um efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 27,6332 + 0,1040x$ ). O período de armazenamento afetou  
29 ( $P < 0,05$ ) a PA e PG. Houve um efeito linear decrescente para PA ( $\hat{Y} = 63,9926 - 0,1787x$ ) enquanto que para  
30 PG houve um efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 26,2477 + 0,1765x$ ). A PC e EC não tiveram efeito ( $P > 0,05$ ) para os

31 tratamentos avaliados. O pH do albúmen e da gema foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelo tempo de  
32 armazenamento, sendo que o pH do albúmen apresentou efeito quadrático ( $\hat{Y} = 8,1862 + 0,1893x - 0,0060x^2$ ),  
33 com o ponto de máximo aos 15,76 dias e o pH da gema um efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 5,9102 + 0,0081x$ ). Não  
34 houve efeito sensorial de ovos de poedeiras alimentadas com e sem FLMSN.

35 **Conclusão:** a farinha de larvas de mosca de soldado negro melhora a unidade Haugh e coloração de ovos, mas  
36 não influencia no sabor do mesmo.

37 **Palavras-chave:** Farinha de inseto; sensorial; período de armazenamento; temperatura

## 38 INTRODUÇÃO

39

40 A qualidade do ovo possui suma importância, visto que é um dos alimentos mais completos da dieta  
41 humana, apresentando uma composição rica em vitaminas (A, B, D e K), minerais (Fe, K, Na, P, Cu, Mn, Mg,  
42 Se, I), ácidos graxos poli-insaturados e proteínas, que reúnem vários aminoácidos essenciais de alto valor  
43 biológico [2, 9]. Além dessas características, o ovo contém substâncias promotoras de saúde e preventivas de  
44 doenças, o que o torna um alimento funcional [3].

45 Com o propósito de enriquecer o valor nutricional dos ovos ou mesmo preservar a qualidade, uma das  
46 medidas adotada é através da formulação e composição das dietas das galinhas poedeiras [4], que prezam  
47 também por um apelo ambiental. Frente a isto pesquisas estão sendo realizadas com o intuito de estudar  
48 alimentos alternativos. Dentre estes, a utilização de farinha de insetos tem sido uma das propostas mais  
49 estudadas, e entre os insetos com maior potencial para utilização na nutrição animal, destaca-se a mosca do  
50 soldado negro (*Hermetia illucens* L.) [5], porque contém alto teor de proteína, energia metabolizável, gordura,  
51 matéria seca, bom balanço de aminoácidos, micronutrientes [6, 7], mas possui como destaque duas  
52 características de grande potencial, o ácido glutâmico [6] que pode influenciar no sabor e  
53 a quitina, que produz como derivados a quitosana, no qual Lee et al [20] relatam que aumenta a vida útil dos  
54 ovos em duas a três semanas.

55 Visto que o sabor é um fator decisivo na escolha e aceitação de alimentos em virtude de ser uma  
56 resposta integrada, principalmente a sensação do gosto e aroma [43], a nutrição de galinhas poedeiras com  
57 farinha de insetos podem influenciar nas características sensoriais e na composição química dos ovos [44].

58 Como todos os produtos naturais de origem animal, o ovo também é perecível, e começa a perder  
59 qualidade interna após a postura, caso não sejam tomadas medidas adequadas para sua conservação, sendo assim  
60 a perda de qualidade é um fenômeno inevitável, que acontece de forma contínua ao longo do tempo e pode ser

61 agravado por diversos fatores [1]. Dos principais fatores que podem promover alterações na qualidade do ovo  
62 destacam-se o tempo de armazenamento, temperatura e umidade relativa do ar [8, 9, 10].

63 Mediante a isto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a análise sensorial e a qualidade de ovos estocados  
64 por diferentes períodos provenientes de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de  
65 larva da mosca de soldado negro.

66

67

## 68 **MATERIAL E MÉTODOS**

69

### 70 **Proteção Animal**

71

72 Este experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais, sob protocolo de n°  
73 17042.2017.04 e pelo Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos n° de parecer 2.621.055.

74

### 75 **Delineamento experimental**

76

77 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 4 (níveis de inclusão  
78 de FLMSN e quatro tempos de armazenamento (0, 7, 14 e dias). Na avaliação sensorial dos ovos, foi  
79 utilizado o teste triangular, sendo realizado com 60 avaliadores não treinados.

80

### 81 **Animais e dietas**

82

83 O experimento foi conduzido com ovos comerciais provenientes de poedeiras leves da linhagem Bovans  
84 com 38 semanas de idade. As poedeiras estavam alojadas em galpão do tipo convencional, em gaiolas metálicas  
85 de arame galvanizado, providas de comedouros de madeira e bebedouro automático tipo copo. As rações  
86 experimentais (Tabela 1) eram à base de milho e farelo de soja e atenderam às exigências nutricionais mínimas  
87 preconizadas por Rostagno et al [11]. Os tratamentos experimentais consistiram na inclusão de diferentes níveis  
88 de farinha de larvas de moscas de soldado negro (0, 3, 6 e 9%) na dieta das galinhas poedeiras. As rações eram  
89 isoenergéticas e isonutritivas, exceto para os níveis de cálcio, que foram considerados na farinha de inseto.

90

## 91 **Análise Sensorial**

92

93 Foram coletados 80 ovos provenientes de dois tratamentos, T1 – poedeiras sem inclusão de FLSN na  
94 dieta; T2 – com a inclusão de 9% de FLMSN na dieta. Estes ovos foram lavados em água corrente, cozidos  
95 durante dez minutos após o início da ebulição da água, resfriados em água corrente, descascados manualmente e  
96 cortados em quatro pedaços de forma que gema e clara estivessem em cada amostra. Posteriormente os  
97 avaliadores recebiam três amostras codificadas, na qual duas eram iguais e uma diferente, por fim os avaliadores  
98 deveriam indicar a amostra diferente.

99

## 100 **Análises de qualidade dos ovos**

101

102 Foram selecionados 288 ovos (18 de cada tratamento por período), os quais foram coletados pela manhã  
103 logo após a postura, identificados, pesados individualmente e armazenados em bandejas de celulose de papel  
104 reciclado. Em seguida os ovos foram encaminhados para sala sem controle de temperatura e colocados sobre um  
105 balcão até a data prevista para avaliação.

106 Entre os ovos selecionados, 72 foram utilizados para avaliação no tempo zero, já os demais foram  
107 distribuídos ao acaso para serem analisados nos próximos períodos de armazenamento (sete, 14 e 21 dias).  
108 Durante todo o período experimental a temperatura e umidade relativa foram monitoradas, sendo a temperatura  
109 média de  $25,05 \pm 2,04$  °C e umidade relativa de  $75,43 \pm 8,85$  %.

110 Foram avaliados os seguintes parâmetros de qualidade: perda de peso do ovo, gravidade específica,  
111 Unidade Haugh, índice de gema, coloração da gema, porcentagem de albúmen, gema e casca, pH albúmen, pH  
112 gema e espessura de casca.

113 No dia zero, para determinação do peso médio dos ovos, estes foram pesados individualmente em  
114 balança semi-analítica ( $\pm 0,001$  g). Após cada período de armazenamento estes eram novamente pesados e pela  
115 diferença do peso inicial e final era obtida a de perda de peso em gramas. Assim, para se calcular a porcentagem  
116 de perda de peso dos ovos, o peso perdido era multiplicado por 100 e dividido pelo peso inicial.

117 A gravidade específica foi determinada de acordo com metodologia descrita por Mario e Padron [12].  
118 Os ovos foram imersos em soluções salinas de NaCl em ordem crescente de densidade 1,065 a 1,100 g/cm<sup>3</sup>, com  
119 gradiente de variação de 0,005, aferidas através de um densímetro. Considerou-se à gravidade específica do ovo  
120 a solução de menor densidade na qual o ovo flutuou.

121 Em seguida, os ovos foram quebrados em uma placa de vidro e com o auxílio de um paquímetro digital,  
122 foram mensuradas as alturas do albúmen denso. Com a medida da altura do albúmen e o peso do ovo  
123 determinaram-se os valores de unidade Haugh, conforme a fórmula aplicada por Nesheim et al [13]:  $UH = 100$   
124  $\log (H - 1,7P^{0,37} + 7,57)$ . Em que o peso do ovo foi expresso em (g) e a altura do albúmen em (mm), no qual UH  
125 = unidade Haugh, H = altura do albúmen e P = peso do ovo.

126 Posteriormente, com o auxílio do paquímetro digital, foi mensurado a altura e o diâmetro da gema dos  
127 ovos. Com base nos valores obtidos, calculou-se o índice de gema por meio da seguinte fórmula:  $IG = Hg/Dg$ ,  
128 sendo Hg a altura da gema e Dg o diâmetro da gema. A coloração da gema foi mensurada com o auxílio do leque  
129 colorimétrico *DSM® Yolk Color Fan*, com escores para cor variando de 1 a 15. Em seguida foi determinado o  
130 valor do pH do albúmen e da gema, utilizando-se um pHmetro digital da marca Testo®, modelo 205.

131 Logo após foi determinado a porcentagem de albúmen, gema e casca, que foram calculados dividindo-  
132 se cada uma dessas variáveis pelo peso do ovo, em seguida, multiplicando-se o resultado por 100. A  
133 porcentagem de gema foi determinada através de um separador manual de albúmen e gema. Posteriormente a  
134 gema foi colocada em copo plástico, tarado em balança semi-analítica e pesados. Para a determinação da  
135 porcentagem de casca, as mesmas foram lavadas, submetidas à secagem em temperatura ambiente por 48 horas e  
136 então pesadas em balança semi-analítica. Já a porcentagem de albúmen foi calculada pela diferença do peso total  
137 do ovo, menos o peso da casca e da gema.

138 A espessura de casca dos ovos foi determinada por meio da mensuração de quatro partes equatoriais da  
139 casca utilizando um micrômetro externo digital (Digimess®, com leitura de 0,01 mm e exatidão de  $\pm 0,02$  mm).  
140 Após a determinação dos valores, realizou-se uma média obtendo o resultado final.

141

## 142 **Análise Estatística**

143

144 Os resultados obtidos de qualidade dos ovos armazenados em diferentes tempos foram submetidos à  
145 análise de variância em um modelo em fatorial 4 x 4 (níveis de FLMSN x tempo de armazenamento), com o  
146 software estatístico R e posteriormente submetido a análise de regressão. A análise estatística do teste sensorial  
147 foi baseado nos julgamentos, certos e errado em relação aos julgamentos totais de 60 avaliadores, sendo os  
148 resultados do número de acertos verificados na tabela da ABNT, NBR 12995 [14] para visualizar se houve ou  
149 não significância menor que 5% nos resultados obtidos.

150

## 151 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

152

### 153 **Efeito na análise sensorial**

154

155 Conforme a tabela da ABNT, NBR 12995 [14], para que haja diferença estatística a 5% de significância  
156 é necessário um número de 27 acertos, visto que, nesta pesquisa houve apenas 18 acertos, não houve efeito  
157 ( $P>0.05$ ) sensorial de ovos provenientes de galinhas poedeiras alimentadas com e sem BSFLM.

158 Esses resultados são contrários aos encontrados por Al-Qazzaz et al [6] que, ao fornecerem 5% de  
159 FLMSN na dieta de galinhas poedeiras, observaram melhora significativa na aparência, textura, sabor e odor e,  
160 consequentemente, a aceitação dos consumidores. Os autores justificam essa aceitação devido ao teor de ácido  
161 glutâmico ser elevado na FLMSN (6.85 g/kg), havendo, segundo Yoshida [15], interações entre o ácido  
162 glutâmico e a percepção humana favorável. A justificativa da maior aceitação dos ovos deve-se ao efeito umami  
163 ser proveniente do ácido glutâmico [16], possui a ação de estimular o sabor, bem como também de funções  
164 fisiológicas adicionais dos alimentos, sendo apontado que os sensores do ácido glutâmico e seu sistema de  
165 transdução de sinal são encontrados nas células gustativas e também nas células da mucosa do intestino [17]. Os  
166 teores de ácido glutâmico presente na FLMSN nesta pesquisa foram 0,121g, 0,242g e 0,363g para os níveis de  
167 inclusão de 3%, 6% e 9% respectivamente, sendo então considerados inferiores para provocar efeito na análise  
168 sensorial.

169

### 170 **Efeito na qualidade dos ovos**

171

172 Verificou-se interação significativa entre os níveis de FLMSN e os diferentes períodos de  
173 armazenamento sobre a UH e a coloração da gema (Tabela 2), já para a perda de peso, gravidade específica,  
174 índice de gema e espessura de casca não houve interação significativa ( $P>0,05$ ).

175 O desdobramento da interação (Tabela 3) demonstrou que houve efeito quadrático dos níveis de  
176 FLMSN aos 14 dias de armazenamento, no qual apresenta como ponto de mínimo o valor de 4,26% para  
177 FLMSN. Já aos 21 dias de armazenamento houve efeito linear decrescente à medida que aumentou o teor de  
178 FLMSN. O comportamento dos ovos armazenados por 14 dias pode ser explicado pela presença de quitina na  
179 FLMSN, no qual conforme Diener et al [18], contém aproximadamente 8,7% em matéria seca, produzindo altos  
180 níveis de derivados, dentre esses a quitosana [19]. Estudos relatados com ovos armazenados a 25°C com

181 revestimento de quitosana na casca do ovo, reduziu a perda de peso e aumentou a vida útil dos ovos em duas a  
182 três semanas, quando comparados com ovos não revestidos [20].

183 Segundo Lee [21], o revestimento de quitosana pode oferecer uma barreira protetora contra a  
184 transferência de dióxido de carbono e a umidade através da casca do ovo, minimizando assim a perda de peso e  
185 prolongando a vida útil dos ovos. Já, os ovos estocados por 21 dias diminuíram linearmente a UH, devendo-se  
186 este ao fato de ter ocorrido perda de peso dos ovos, ocasionada principalmente pela redução de água no albúmen  
187 em função do período de estocagem [22].

188 Em relação ao desdobramento da interação (Tabela 4), observou-se que houve efeito quadrático dos  
189 diferentes níveis de inclusão de FLMSN aos 14 dias de armazenamento dos ovos, sendo o ponto de máximo  
190 4,87% de FLMSN. Segundo Finke [20], a FLMSN contém betacarotenos (<0,20 mg/kg), luteína (0,59 mg/kg) e  
191 zeaxantina (1,28 mg/kg), e estes são responsáveis pela pigmentação amarela, o que pode ter contribuído para o  
192 aumento da coloração da gema. Nesta pesquisa, a utilização da FLMSN promoveu melhora na coloração da  
193 gema até 14 dias de armazenamento com um teor de inclusão de 4,87%.

194 Mediante os teores de cálcio encontrados na literatura (6,6-9,3% na matéria seca) [23, 7, 24], e segundo  
195 Garcia et al [25], o cálcio dietético excessivo oriundo da FLMSN pode ter provocado efeito negativo na  
196 deposição de carotenóides na gema.

197 Em consideração aos diferentes níveis de FLMSN, observou-se efeito linear decrescente para a perda de  
198 peso ( $\hat{Y} = 1,5192 - 0,0168x$ ) e crescente para a gravidade específica do ovo ( $\hat{Y} = 1,0816 + 0,0001x$ ). Esse  
199 resultado pode ser atribuído aos altos teores de cálcio (6,6-9,3% na matéria seca) [23, 7, 24] presente na farinha  
200 de larvas de mosca do soldado negro, que podem ter sido depositados durante a formação da casca dos ovos [26].  
201 Quanto ao tempo de armazenamento dos ovos, verificou-se efeito quadrático para a perda de peso ( $\hat{Y} = 0,8262 -$   
202  $0,0436x + 0,0054x^2$ ), gravidade específica ( $\hat{Y} = 1,0944 - 0,0006x - 0,00003x^2$ ) e índice de gema ( $\hat{Y} = 0,46 -$   
203  $0,015x + 0,0003x^2$ ), com os respectivos pontos de mínimo: 4,03; 10 e 25 dias.

204 Como os ovos foram estocados em temperatura ambiente, quanto maior a temperatura e menor a  
205 umidade o ovo transpira mais, intensificando a perda de CO<sub>2</sub> e água para o meio, resultando em perda de peso  
206 [27]. Já a redução da gravidade específica pode está relacionada diretamente com a perda de peso durante o  
207 armazenamento, pois de acordo com a fórmula para o cálculo de densidade, densidade e a massa são grandezas  
208 diretamente proporcionais e, dessa maneira, quando ocorre o decréscimo na massa, simultaneamente, há  
209 decréscimo na densidade [1]. Em relação ao índice de gema, com a liberação de água e seu excesso no albúmen,

210 ocorre aumento da permeabilidade de enfraquecimento da membrana vitelínica, com transferência de água do  
211 albúmen para a gema por osmose, o excedente de água no interior da gema, a torna flácida e achatada [9].

212 Pelos resultados apresentados na Tabela 5, não se verificou interação ( $P>0,05$ ) dos tratamentos  
213 avaliados. No entanto, houve efeito dos diferentes níveis de inclusão da FLMSN e do tempo de armazenamento  
214 para as variáveis porcentagens de albúmen e gema. A porcentagem de casca não teve efeito ( $P>0,05$ ) para os  
215 tratamentos utilizados. A análise de regressão revelou que houve um efeito linear decrescente para porcentagem  
216 de albúmen ( $\hat{Y} = 62,7101 - 0,1319x$ ), enquanto que para a porcentagem de gema houve um efeito linear  
217 crescente ( $\hat{Y} = 27,6332 + 0,1040x$ ).

218 De acordo com Hyuben et al [39], os valores estimados de quitina para a os níveis de inclusão 3, 6 e 9%  
219 da FLMSN, foram, respectivamente 1,9; 3,8; e 5,7 g/kg. Frente a estes valores, há redução na porcentagem de  
220 albúmen, deve-se ao fato de que a quitina, um polissacarídeo não digestível para monogástricos, afete  
221 negativamente na digestibilidade de proteínas e aminoácidos [28, 29, 30, 31, 32] e posteriormente na  
222 disponibilidade dessas proteínas para sintetizar a albumina do ovo [33]. Quanto ao aumento na porcentagem de  
223 gema, Whitehead et al [34] relatam que o teor de ácido graxo essencial para aves influencia diretamente no  
224 transporte dos lipídios para o ovário. Secci et al [40], ao analisarem o perfil de ácidos graxos de gemas de ovos  
225 de poedeiras alimentadas com dietas à base de farelo de soja e FLMSN, encontraram significativamente maior  
226 teor de ácido linoleico (14,4%) e ácido esteárico (+4,4%) em ovos provenientes de poedeiras que receberam  
227 FLMSN do que farelo de soja. Visto que, a FLMSN possui um teor elevado de ácido linoleico 3,6-4,5% [35], à  
228 medida que se aumentou os níveis de inclusão deste ingrediente, houve proporcionalmente maior deposição de  
229 gordura na gema, resultando em maior peso da gema.

230 O tempo de armazenamento dos ovos influenciou ( $P<0,05$ ) a porcentagem de albúmen e gema, sendo  
231 observado um efeito linear decrescente ( $\hat{Y} = 63,9926 - 0,1787x$ ), enquanto que para a porcentagem de gema  
232 houve um efeito linear crescente ( $\hat{Y} = 26,2477 + 0,1765x$ ). Não houve interação significativa para porcentagem  
233 de albúmen, gema e casca.

234 A redução da porcentagem do albúmen e aumento da proporção da gema pode ser atribuída à  
235 transferência de água do albúmen para a gema. Os resultados obtidos estão de acordo com os encontrados por  
236 Garcia et al. [41]. Conforme Narushin [36], durante a estocagem ocorrem reações físico-químicas que promovem  
237 degradação da estrutura da proteína presente na albumina espessa, resultando em água ligada a grandes  
238 moléculas de proteínas que atravessam a gema por osmose. O excesso de água na gema determina o aumento do

239 seu volume, levando a um enfraquecimento da membrana vitelínica. Isto faz com que a gema pareça maior e  
240 achatada, quando o ovo é quebrado e disposto em uma superfície plana.

241 O pH do albúmen e gema dos ovos não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelos diferentes níveis de inclusão de  
242 FLMSN (Tabela 6), por outro lado, houve efeito significativo ( $P<0,05$ ) para o tempo de armazenamento. Com o  
243 aumento do tempo de armazenamento o pH do albúmen dos ovos apresentou efeito quadrático ( $\hat{Y} = 8,1862 +$   
244  $0,1893x - 0,0060x^2$ ), com ponto de máximo aos 15,76 dias. Já para o pH da gema houve um efeito linear  
245 crescente ( $\hat{Y} = 5,9102 + 0,0081x$ ).

246 Os níveis de inclusão de FLMSN não influenciaram os valores de pH de albúmen e gema pois, segundo  
247 Oliveira et al [42], o valor do pH do albúmen depende do equilíbrio entre  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{CO}_3^{2-}$  e das proteínas.  
248 Logo, como não houve mudança nas características físico-químicas do albúmen, não houve diferença no pH.

249 Em consideração ao tempo de armazenamento, Stadelman e Cotterill [37] tratam que no ovo fresco o  
250 ácido carbônico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) atua como um componente tampão, porém com o avanço do tempo de armazenamento  
251 e das condições ambientais este componente se dissocia, formando água e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que se  
252 difundem através da casca e se perdem no ambiente. Devido à liberação do  $\text{CO}_2$ , a acidez do albúmen diminui,  
253 incidindo no aumento do pH. Em relação ao aumento do pH da gema, Shang et al [38] relatam que é causado  
254 pela troca de íons  $\text{H}^+$  presentes na gema por íons alcalinos provenientes do albúmen.

255

## 256 CONCLUSÃO

257

258 O aumento do período de armazenamento prejudica a qualidade dos ovos, o uso de farinha de larvas de  
259 moscas de soldado negro na dieta das aves promove melhora na unidade Haugh em até 15,76 dias de  
260 armazenamento e o nível de 4,87% de FLMSN promove melhora coloração da gema dos ovos por até 14 dias,  
261 por outro lado não há influencia no sabor do mesmo.

262

## 263 CONFLITO DE INTERESSES

264

265 Nós certificamos que não há conflito de interesses com qualquer organização sobre o material discutido  
266 no manuscrito.

267

268

**269 AGRADecIMENTOS**

270

271 Os autores agradecem às empresas Bug agentes biológicos e Evonik Degussa e a Universidade Estadual  
272 de Londrina pela ajuda e suporte fornecido durante a pesquisa.

273

274

275

276

277

278

279

280

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299 **REFERÊNCIAS**

300

301 1. Barbosa NAA, Sakomura NK, Mendonça MO, Freitas ER, Fernandes JBK. Quality of eggs from commercial  
302 layers stored for different times and environment conditions. *ARS Vet* 2009; 24:127-33.

303

304 2. Rêgo IOP, Caçado SV, Figueiredo TC, Menezes LDM, Oliveira DD, Lima AL, Caldeira LGM, Esser LR.  
305 Influence of storage period on refrigerated pasteurized whole egg quality. *Arq Bras Med Vet Zoot* 2012;64:735-  
306 42.

307

308 3. Mazzuco H. Ações sustentáveis na produção de ovos. *Rev Bras Zootec* 2008; 37:230-38.

309

310 4. Pita MCG, Piber Neto E, Nakaoka LM, Mendonça Junior CX. Effect of dietary supplementation of  
311 unsaturated fatty acids and vitamin E upon yolk lipid composition and  $\alpha$ -tocopherol incorporation into the egg  
312 yolk. *Braz J Vet Res Anim Sci* 2004; 41:25-31.

313

314 5. Mwaniki Z, Neijat M, Kiarie E. Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black  
315 soldier fly larvae meal in a corn-soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 age. *Poult*  
316 *Sci* 2018;97:2829-35.

317

318 6. Al-Qazzaz MFA, Ismail D, Akit H, Idris LH. Effect of using insect larvae meal as a complete protein source  
319 on quality and productivity characteristics of laying hens. *Rev Bras Zootec* 2016;45:518-23.

320

321 7. Makkar HP, Tran G, Heuzé V, Ankers P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim Feed Sci*  
322 *Technol* 2014;197:1-33.

323

324 8. Scott TA, Silversides TB. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poult Sci* 2000; 79:1725-29.

325

326 9. Garcia ERM, Alves MCF, Cruz, FK, Conti ACM, Batista, NR, Barbosa Filho JA. Internal egg quality: effect  
327 of storage, strain and age of laying. *Braz J Sust Agric* 2015; 5:101-09.

328

329 10. Pissinati A, Oba A, Yamashita F, Silva CA, Pinheiro JW, Roman JMM. Internal quality of eggs subjected to  
330 different types of coating and stored for 35 days at 25°C. *Semina: Ciências Agrárias* 2014; 35:531-40.

331

332 11. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Abreu MLT,  
333 Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Brazilian tables for poultry and swine: feed composition and  
334 nutritional requirements. 2017. 4rd ed. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

335

336 12. Mario E, Padron N. Calidad de cascaron en aves reproductoras pesadas. *Avicultura Profesional*. 1991; 8:112-  
337 14.

338

- 339 13. Nesheim MC, Austic RE, Card LE. Poultry Production. 12 ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1979, 325p.  
340
- 341 14. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12995: Teste triangular em análise sensorial de alimentos e  
342 bebidas. Rio de Janeiro, 1993.  
343
- 344 15. Yoshida Y. Umami taste and traditional seasonings. Food Rev Int 1998; 14:1610-15.  
345
- 346 16. Elman I, Geraldo APG, Karcher C, Pinto-Silva MEM. Characterization of umami taste sensitivity in children  
347 with and without cancer. J Humam Growth Dev 2013;23:1-7.  
348
- 349 17. Torii K, Uneyama H, Nakamura E. Physiological roles of dietary glutamate signaling via gut-brain axis due  
350 to efficient digestion and absorption. J Gastroenterol 2013; 48:442-51.  
351
- 352 18. Diener S, Zurbrugg C, Tockner K. Conversion of organic material black soldier fly larvae: establishing  
353 optimal feeding rates. Waste Manag Res 2009; 27:603-10.  
354
- 355 19. Suresh PV, Raj KR, Nidheesh T, Pal GK, Sakhare PZ. Application of chitosan for improvement of quality  
356 and shelf life of table eggs under tropical room conditions. J Food Sci Technol 2015;52:6345-54.  
357
- 358 20. Lee SH, No HK, Jeong YH. Effect of chitosan coating on quality of egg during storage. J Korean Soc Food  
359 Nutr 1996; 25:288-293.  
360
- 361 22. Santos MSV, Espíndola GB, Lôbo RNB, Freitas ER, Guerra JLL, Santos ABE. Effect of temperature and  
362 storage of eggs. Food Sci Technol 2009; 29:513-17.  
363
- 364 23. Finke MD. Complet nutriente composition of commercially raised invertebrates used as food for  
365 insectivores. Zoo Biology 2013; 21:269-85.  
366
- 367 24. Spranghers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, De Meulenaer B, Michiels J, Eeckhout M,  
368 De Clerq P, De Smet S. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on  
369 different organic waste substrates. J Sci Food Agric 2017; 97:2594-2600.  
370
- 371 25. Garcia EA, Mendes AA, Pizzolante CC, Gonçalves HC, Oliveira RP, Silva MA. Effect of Cantaxantina  
372 levels on performance and egg quality of laying hens. Rev Bras Cienc Avic; 2002; 4:1-7.  
373
- 374 26. Kaur R, Rathgeber BM, Thompson KL, Macisaac J. Uterine fluid proteins and egg quality characteristics for  
375 2 commercial and 2 heritage laying hen lines in response to manipulation of dietary calcium and vitamin D<sub>3</sub>.  
376 Poult. Sci 2013; 92:2419-32.  
377
- 378 27. Gonzales M. De Blas B. Nutricion y alimentacion de gallinas ponedoras. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 263p.

379

380 28. Marono S, Loponte R, Lombardi P, Vassalotti G, Pero ME, Russo F, Gasco L, Parisi G, Piccolo G, Nizza S,  
381 Meo YA, Bovera F. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal  
382 as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poult Sci* 2017; 6:1783-90.

383

384 29. Sanchez-Muros MJ, Barroso FG, Manzano-Agugliaro F. Insect meal as renewable source of food for animal  
385 feeding: A review. *J Clean Prod* 2014; 65:16-27.

386

387 30. Finke MD. Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology* 2007; 2:105-15.

388

389 31. Khempaka S, Chisatchapong C, Molee W. Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on  
390 growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia  
391 production in broilers. *J Appl Poult Res*; 2011; 20:1-11.

392

393 32. Longvah T, Mangthya K, Ramulu P. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm  
394 (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. *Food Chem* 2011; 128:400-3.

395

396 33. Ribeiro CLN, Barreto SLT, Reis RS, Muniz JCL, Viana GS, Ribeiro Junior V, Mendonça MO, Ferreira RC,  
397 Degroot AA. The effect of calcium and available phosphorus levels on performance, egg quality and bone  
398 characteristics of Japanese quails at end of the egg-production phase. *Rev Bras Cienc Avic* 2016; 18:33-40.

399

400 34. Whitehead CC, Bowman AS, Griffin HD. The effects of dietary fat and bird age on the weights and egg  
401 components in the laying hen. *Br Poult Sci* 1991; 32:565-74.

402

403 35. Li S, Ji H, Zhang B, Tian J, Zhou J, Yu H. Influence of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae oil on  
404 growth performance, body composition, tissue fatty acid composition and lipid deposition in juvenile Jian carp  
405 (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture* 2016; 465:43-52.

406

407 36. Narushin VG. Non-destructive measurements of egg parameters and quality characteristics. *Poult Sci* 1997;  
408 53:141-53.

409

410 37. Stadelman WJ, Cotterill OJ. *Egg Science and Technology*. 4. ed. New York: The Haworth Press, 1994. 591p.

411

412 38. Shang XG, Wang FL, Li DF, Yin DJ, Li JY. Effects of dietary conjugated linoleic acid on the productivity of  
413 laying hens and egg quality during refrigerated storage. *Poult Sci* 2004; 83:1688-95.

414

415 39. Hyuben D, Vidakovic A, Hallgren SW, Langeland M. High-throughput sequencing of gut microbiota in  
416 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*).  
417 *Aquaculture* 2019; 500:485-91.

418

- 419 40. Secci G, Bovera F, Nizza S, Baronti N, Gasco L, Conte G, Serra A, Bonelli A, Parisi G. Quality of eggs from  
420 Lohman Brown Classic laying hens fed black soldier fly meal as substitute for soya bean. *Anim* 2018; 12:2191-  
421 97.  
422
- 423 41. Garcia ERM, Orlandi CCB, Oliveira CAL, Cruz FK, Santos TMB, Otutumi LK. Quality of eggs of lay hens  
424 stored a different temperature and storage conditions. *Rev Bras Saúde Prod An* 2010;11:505-18.  
425
- 426 42. Oliveira DD, Baião NC, Caçado SV, Figueiredo TC, Lara LJC, Lana AMQ. Lipids sources on layer hen  
427 diet: performance and egg quality. *Arq Bras Med Vet Zootec* 2010;62:718-24.  
428
- 429 43. Seibel NF, Schoffen DB, Queiroz MI, Souza-Soares LA. Sensory characterization of eggs of quails fed  
430 modified diets. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2010;30:884-889.  
431
- 432 44. Mizumoto EM, Canniatti-Brazaca SG, Machado FMVF. Chemical and sensorial evaluation of eggs obtained  
433 by different production systems. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2008;28:60-65.

434 **Tabela 1.** Composição percentual e níveis nutricionais calculados das rações

Ingredientes (%)	Níveis (%)			
	0	3	6	9
Milho grão	57,660	58,126	58,592	59,058
Farelo de soja 46%	24,753	22,013	19,273	16,534
Calcário	10,638	10,644	10,650	10,656
Óleo de soja	4,131	3,328	2,525	1,723
FLMSN <sup>1</sup>	-	3,000	6,000	9,000
Fosfato bicálcico	1,534	1,563	1,592	1,621
Sal comum	0,514	0,515	0,517	0,518
DL-metionina	0,376	0,385	0,393	0,402
L-treonina	0,107	0,116	0,124	0,132
L-lisina	0,083	0,106	0,129	0,152
Supl. Vit.-min <sup>2</sup> .	0,200	0,200	0,200	0,200
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Exigências Nutricionais				
Energia Met.	2.900	2.900	2.900	2.900
Proteína Bruta	15,88	15,88	15,88	15,88
Cálcio	4,564	4,771	4,978	5,185
Fósforo disponível	0,382	0,409	0,437	0,464
Met+Cist	0,864	0,864	0,864	0,864
Metionina	0,472	0,472	0,472	0,472
Treonina	0,713	0,713	0,713	0,713
Sódio	0,215	0,219	0,222	0,226

435 <sup>1</sup>FLMSN: farinha de larvas de mosca do soldado negro; <sup>2</sup>Composição por kg do produto: Vit. A: 500.000 UI; Vit. D3: 180.000 UI; Vit. E:  
436 625 UI; Vit. B1: 60 mg; Vit. B2: 280 mg; Vit. B6: 60 mg; Vit. B12: 875 mcg; Vit. K3: 80 mg; Pantotenato Cálcio: 700 mg; Niacina: 1 g;  
437 Etóxiqum: 5 mg; B.H.A.: 4 mg; Zinco: 5 g; Ferro: 4 g; Manganês: 5,2 g; Cobre: 21,2 mg; Iodo: 96,4 mg; Cobalto: 21,2 mg; Selênio: 28 mg;  
438 Veículo: 200 g.  
439

440

441

442

443

444

445

446

447

448

449

450 **Tabela 2.** Médias de perda de peso (PP), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH), índice de gema (IG),  
 451 coloração da gema (CG) e espessura de casca (EC) de ovos de poedeiras alimentadas com diferentes níveis de  
 452 FLMSN estocados em diferentes períodos.

Níveis (%)	PP (%)	GE (g/cm <sup>3</sup> )	UH	IG	CG	EC (mm)
0	1,173	1,081	56,02	0,3488	6,29	0,371
3	1,053	1,083	56,41	0,3479	6,48	0,376
6	1,063	1,083	53,07	0,3500	6,60	0,379
9	1,044	1,083	56,03	0,3508	6,43	0,376
Tempo (dias)						
0	0,000	1,095	99,20	0,4571	7,01	0,377
7	0,784	1,087	59,59	0,3771	6,76	0,377
14	1,268	1,081	30,84	0,2950	5,60	0,379
21	2,279	1,066	31,90	0,2683	6,04	0,369
P-valor						
N	0,0065	0,0478	0,3066	0,896	0,2014	0,2597
T	<2e-16	<2e-16	<2e-16	<2e-16	4,45e-12	0,0726
N x T	0,0889	0,5096	0,0256*	0,265	0,0127*	0,8808

453

454

455 **Tabela 3.** Desdobramento da interação entre níveis de inclusão da farinha de larvas de mosca de soldado negro e  
 456 tempo de armazenamento para unidade Haugh.

Tempo (dias)	Níveis (%)				Equação de regressão	Ponto mínimo	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9			
0	98,21	99,85	100,26	98,47	NS	-	-
7	56,36	60,92	61,87	59,22	NS	-	-
14	33,34	28,08	25,78	36,16	$\hat{Y} = 33,8223 - 3,7042x + 0,4344x^2$	4,26	0,930
21	36,17	36,80	24,38	30,27	$\hat{Y} = 36,4193 - 1,0038x$	-	0,447

457 NS = não significativo

458

459

460 **Tabela 4.** Desdobramento da interação entre níveis de inclusão da FLMSN e tempo de armazenamento sobre a  
 461 coloração da gema de ovos.

Tempo (dias)	Níveis (%)				Equação de regressão	Ponto máximo	R <sup>2</sup>
	0	3	6	9			
0	6,78	7,11	7,28	6,89	NS	-	-
7	6,78	6,56	6,89	6,83	NS	-	-
14	5,39	6,40	6,39	5,72	$\hat{Y} = 5,4042 + 0,4505x - 0,0463x^2$	4,87	0,991
21	6,22	5,84	5,83	6,28	NS	-	-

462 NS = não significativo

463

464

465

466

467

468

469 **Tabela 5.** Médias de porcentagem de albúmen (PA), gema (PG) e casca (PC) de ovos de poedeiras alimentadas  
 470 com níveis de FLMSN estocados em diferentes períodos de armazenamento.

Níveis (%)	PA (%)	PG (%)	PC (%)
0	62,65	27,73	9,62
3	62,19	27,99	9,81
6	62,35	27,87	9,78
9	61,27	28,81	9,91
Tempo (dias)			
0	64,30	26,03	9,67
7	62,45	27,69	9,86
14	61,16	28,95	9,89
21	60,56	29,73	9,71
P-valor			
N	0,002	0,006	0,051
T	0,000	0,000	0,084
N x T	0,986	0,966	0,990

471

472

473

474 **Tabela 6.** Médias de pH de albúmen e gema de ovos de poedeiras alimentadas com níveis de FLMSN estocados  
 475 em diferentes períodos.

Níveis (%)	pH albúmen	pH gema
0	9,12	6,00
3	9,17	6,00
6	9,14	5,98
9	9,17	6,00
Tempo (dias)		
0	8,11	5,91
7	9,45	5,97
14	9,44	6,02
21	9,60	6,08
P-valor		
N	0,128	0,672
T	<2e-16	<2e-13
N x T	0,727	0,270

476

477

478

479

480

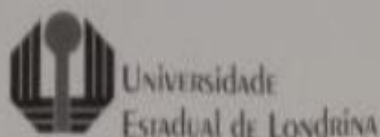
## 9. Considerações finais

A farinha de larvas de mosca de soldado negro, não desengordurada pode ser utilizado como alimento alternativo para poedeiras com inclusão de até 9% sem alterar o desempenho e resposta imune humoral sérica e na gema de ovos. Em relação a qualidade de ovos armazenados, a unidade Haugh e coloração da gema foram preservados por mais tempo e quanto ao sabor, não há diferença sensorial.

Mediante o assunto ser recente na nutrição animal, ainda há necessidade de estudar outros níveis e também formas de processamento da farinha (não desengordura e desengordura) para que os nutrientes como a quitina, presente neste ingrediente possa expressar mais os resultados podendo melhorar a saúde dos animais e consequentemente obter um melhor desempenho e qualidade dos ovos.

**ANEXOS**

**ANEXO A – PARECER DE APROVAÇÃO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA**



**COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS**

OF. CIRC. CEUA Nº 116/2017

Londrina, 11 de Outubro de 2017.

Prezado (a) professor (a)

Certificamos que o projeto intitulado: "**Avaliação de farinha de larva de mosca do soldado negro (*Hermetia illucens* Linnaeus) na alimentação de galinhas poedeiras leves.**" protocolo CEUA nº17042.2017.04 sob a responsabilidade de **Alexandre Oba**, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) para fins de pesquisa científica (ou ensino), encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), foi **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA/UEL), em reunião realizada em **10/10/2017**.

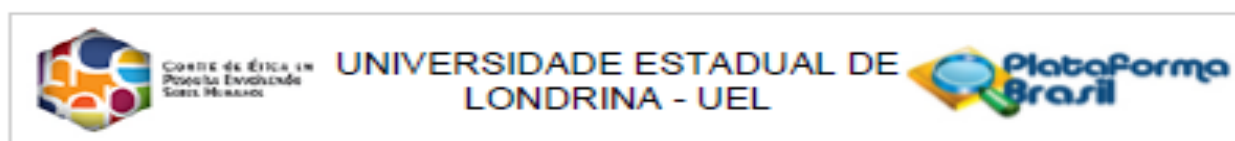
O objetivo é avaliar o desempenho zootécnico, qualidade dos ovos e imunidade de galinhas poedeiras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia illucens*. Grau de invasividade=1

Vigência do Projeto	01/10/2017 a 10/01/2018
Espécie/inhagem	Ave / Bovans
Nº de animais	192
Peso/idade	1600 g / 30 semanas
Sexo	Fêmeas
Origem	Incubatório da empresa Mercoaves, de Urussanga-SC
Amostras a serem coletadas	Sangue e órgãos linfóides (Bursa de Fabricius, timo e baço)

Cumpra orientar que caso pretendam-se quaisquer alterações no protocolo experimental aprovado, deve-se submeter o novo protocolo à apreciação da CEUA/UEL anteriormente à execução das modificações

Coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessária. Sem mais para o momento, subscrevo, cordialmente.

## ANEXO B - PARECER DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** AVALIAÇÃO DE FARINHA DE LARVA DE MOSCA DO SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens* Linnaeus) NA ALIMENTAÇÃO DE GALINHAS POEDEIRAS LEVES

**Pesquisador:** ALEXANDRE OBA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 82362318.0.0000.5231

**Instituição Proponente:** CCA - Departamento de Zootecnia

**Patrocinador Principal:** INSTITUTO DE TECNOLOGIA E DES ECONOMICO E SOCIAL ITEDES

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 2.621.055

#### Apresentação do Projeto:

O ovo possui suma importância, visto que é um dos alimentos mais completos da dieta humana. Levando em consideração a nutrição de poedeiras e ao uso de farinha de insetos, estes podem ser considerados como novos alimentos alternativos e promovem mudanças no produto final. Assim, o objetivo desta pesquisa é avaliar através de análise sensorial se existe distinção entre os ovos de poedeiras alimentadas ou não com inclusão de farinha de larva de mosca de soldado negro. Serão dois tratamentos, com 30 ovos para cada tratamento, totalizando 60 ovos. Os tratamentos serão:

T1 – os ovos serão provenientes de poedeiras que não receberam a inclusão da farinha de larvas de mosca do soldado negro na dieta e T2 – ovos provenientes de poedeiras que tiveram uma inclusão de 9 % da farinha de larva de mosca de soldado negro na dieta. O teste sensorial será realizado em cabine individual, fechada, sem odores e devidamente limpa com pessoas não treinadas. Os dados serão submetidos à análise de variância e comparações de médias pelo teste de Tukey, utilizando-se o software estatístico R.

#### Objetivo da Pesquisa:

Avaliar através de análise sensorial pelo método do teste de diferença comparando duas amostras se existe distinção entre os ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com diferentes níveis de inclusão de farinha de larvas de *Hermetia illucens*.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



COMITÊ DE ÉTICA EM  
PROJETO DE PESQUISA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE LONDRINA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.621.055

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

O pesquisador descreve o item riscos como : Há registros que o consumo de ovo poderá causar alergia em alguns indivíduos. Entretanto, em razão de serem selecionados consumidores frequentes de ovos e que a quantidade consumida é pequena (menos de 50 g por avaliador), os riscos são pequenos. Porém, no caso de ocorrência de desconforto, crises ou outros tipos de complicações decorrentes dos procedimentos metodológicos adotados, o participante será prontamente atendido e amparado pela pesquisadora. O participante será encaminhado ao Pronto Atendimento do SUS e as possíveis despesas com exames e/ou remédio serão custeadas pelo projeto.

No item benefícios descreve: Acréscimo nutricional no ovo.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Não há.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação obrigatório foram apresentados de acordo com a resolução.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Recomenda-se aprovação.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1029788.pdf	23/04/2018 10:01:17		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	22/01/2018 20:57:46	ALEXANDRE OBA	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	22/01/2018 20:55:09	ALEXANDRE OBA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	22/01/2018 20:53:51	ALEXANDRE OBA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Instituicao.pdf	22/01/2018 20:50:52	ALEXANDRE OBA	Aceito

Endereço: LABEBC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



Conselho de Gestão de  
Projetos  
Universidade  
Estadual de Londrina

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE  
LONDRINA - UEL



Continuação do Parecer: 2.621.058

Declaração do Patrocinador	patrocinador.pdf	22/01/2018 20:27:41	ALEXANDRE OBA	Acelto
Folha de Rosto	Joao.pdf	22/01/2018 20:23:46	ALEXANDRE OBA	Acelto

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 25 de Abril de 2018

---

Assinado por:  
Rosana Lopes  
(Coordenador)

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

## ANEXO C – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERÍODICO POULTRY SCIENCE

### Manuscript format and structure/style

#### General

Papers must be written in English. The text and all supporting materials must use American spelling and usage as given in *The American Heritage Dictionary*, *Webster's Third New International Dictionary*, or the *Oxford American English Dictionary*. Authors should follow the style and form recommended in *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 2006. 7th ed. Style Manual Committee, Council of Science Editors, Reston, VA.

#### Preparing the Manuscript File

Manuscripts should be typed double-spaced, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points. All special characters (e.g., Greek, math, symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex math should be entered using MathType from Design Science ([www.dessci.com](http://www.dessci.com)). Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript (not placed within the text).

#### Headings

**Major Headings:** Major headings are centered (except ABSTRACT), all capitals, boldface, and consist of ABSTRACT, INTRODUCTION, MATERIALS AND METHODS, RESULTS, DISCUSSION (or RESULTS AND DISCUSSION), ACKNOWLEDGMENTS (optional), APPENDIX (optional), and REFERENCES.

**First Subheadings:** First subheadings are placed on a separate line, begin at the left margin, the first letter of all important words is capitalized, and the headings are boldface and italic. Text that follows a first subheading should be in a new paragraph.

**Second Subheadings:** Second subheadings begin the first line of a paragraph. They are

indented, boldface, italic, and followed by a period. The first letter of each important word should be capitalized. The text follows immediately after the final period of the subheading.

## **Title Page**

The title page shall begin with a running head (short title) of not more than 45 characters. The running head is centered, is in all capital letters, and shall appear on the top of the title page. No abbreviations should be used. The title of the paper must be in boldface; the first letter of the article title and proper names are capitalized, and the remainder of the title is lowercase. The title must not have abbreviations.

Under the title, names of authors should be typed (first name or initial, middle initial, last name). Affiliations will be footnoted using the following symbols: \*, †, ‡, §, #, |||, and be placed below the author names. Do not give authors' titles, positions, or degrees. Numbered footnotes may be used to provide supplementary information, such as present address, acknowledgment of grants, and experiment station or journal series number. The corresponding author should be indicated with a numbered footnote (e.g., Corresponding author: [name@university.edu](mailto:name@university.edu)).

Note that there is no period after the corresponding author's e-mail address. The title page shall include the name and full address of the corresponding author. Telephone numbers and e-mail address must also be provided. The title page must indicate the appropriate scientific section for the paper (i.e., Animal Well-Being and Behavior; Genetics and Genomics; Immunology, Health and Disease; Metabolism and Nutrition; Molecular and Cellular Biology; Physiology and Reproduction; Processing and Products; Microbiology and Food Safety; Management and Production).

## **Abbreviations**

Author-derived abbreviations should be defined at first use in the abstract and again in the body of the manuscript. The abbreviation will be shown in bold type at first use in the body of the manuscript. Refer to the [Miscellaneous Usage Notes](#) for more information on abbreviations.

## **Abstract**

The Abstract disseminates scientific information through abstracting journals and through convenience for the readers. The Abstract, consisting of not more than 325 words, appears at the beginning of the manuscript with the word ABSTRACT without a following period. It must summarize the major objectives, methods, results, conclusions, and practical applications of the research. The Abstract must consist of complete sentences and use of abbreviations should be limited. References to other work and footnotes are not permitted. The Abstract and Key Words must be on a separate sheet of paper.

## **Key Words**

The Abstract shall be followed by a maximum of five key words or phrases to be used for subject indexing. These should include important words from the title and the running head and should be singular, not plural, terms (e.g., broiler, not broilers). Key words should be formatted as follows: Key words: . . .

## **Introduction**

The Introduction, while brief, should provide the reader with information necessary for understanding research presented in the paper. Previous work on the topic should be summarized, and the objectives of the current research must be clearly stated.

## **Materials and Methods**

All sources of products, equipment, and chemicals used in the experiments must be specified parenthetically at first mention in text, tables, and figures [i.e., (model 123, ABC Corp., Provo, UT)]. Model and catalog numbers should be included. Information shall include the full corporate name (including division, branch, or other subordinate part of the corporation, if applicable), city, and state (country if outside the United States), or Web address. Street addresses need not be given unless the reader would not be able to determine the full address for mailing purposes easily by consulting standard references. Age, sex, breed, and strain or genetic stock of animals used in the experiments shall be specified. Animal care guidelines should be referenced if appropriate. Papers must contain analyzed values for those dietary

ingredients that are crucial to the experiment. Papers dealing with the effects of feed additives or graded levels of a specific nutrient must give analyzed values for the relevant additive or nutrient in the diet(s). If products were used that contain different potentially active compounds, then analyzed values for these compounds must be given for the diet(s). Exceptions can only be made if appropriate methods are not available. In other papers, authors should state whether experimental diets meet or exceed the National Research Council (1994) requirements as appropriate. If not, crude protein and metabolizable energy levels should be stated. For layer diets, calcium and phosphorus contents should also be specified.

When describing the composition of diets and vitamin premixes, the concentration of vitamins A and E should be expressed as IU/kg on the basis of the following equivalents:

*Vitamin A*

1 IU = 0.3  $\mu$ g of all-trans retinol

1 IU = 0.344  $\mu$ g of retinyl acetate

1 IU = 0.552  $\mu$ g of retinyl palmitate

1 IU = 0.60  $\mu$ g of  $\beta$ -carotene

*Vitamin E*

1 IU = 1 mg of dl- $\alpha$ -tocopheryl acetate

1 IU = 0.91 mg of dl- $\alpha$ -tocopherol

1 IU = 0.67 mg of d- $\alpha$ -tocopherol

In the instance of vitamin D<sub>3</sub>, cholecalciferol is the acceptable term on the basis that 1 IU of vitamin D<sub>3</sub> = 0.025  $\mu$ g of cholecalciferol. The sources of vitamins A and E must be specified in parentheses immediately following the stated concentrations.

**Statistical Analysis:** Biology should be emphasized, but the use of incorrect or inadequate statistical methods to analyze and interpret biological data is not acceptable. Consultation with a statistician is recommended. Statistical methods commonly used in the animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided.

The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package

without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. When possible, results of similar experiments should be pooled statistically. Do not report a number of similar experiments separately. The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed.

For group-fed animals, the group of animals in the pen is the experimental unit; therefore, groups must be replicated. Repeated chemical analyses of the same sample usually do not constitute independent experimental units. Measurements on the same experimental unit over time also are not independent and must not be considered as independent experimental units. For analysis of time effects, use time-sequence analysis.

Usual assumptions are that errors in the statistical models are normally and independently distributed with constant variance. Most standard methods are robust to deviations from these assumptions, but occasionally data transformations or other techniques are helpful.

For example, it is recommended that percentage data between 0 and 20 and between 80 and 100 be subjected to arc sin transformation prior to analysis. Most statistical procedures are based on the assumption that experimental units have been assigned to treatments at random. If animals are stratified by ancestry or weight or if some other initial measurement should be accounted for, they should include a blocking factor, or the initial measurement should be included as a covariate.

A parameter [mean ( $\mu$ ), variance ( $\sigma^2$ )], which defines or describes a population, is estimated by a statistic ( $\bar{x}$ ,  $s^2$ ). The term **parameter** is not appropriate to describe a variable, observation, trait, characteristic, or measurement taken in an experiment.

Standard designs are adequately described by name and size (e.g., “a randomized complete block design with 6 treatments in 5 blocks”). For a factorial set of treatments, an adequate description might be as follows: “Total sulfur amino acids at 0.70 or 0.80% of the diet and Lys at 1.10, 1.20, or 1.30% of the diet were used in a  $2 \times 3$  factorial arrangement in 5 randomized complete blocks consisting of initial BW.” Note that a **factorial arrangement is**

**not a design**; the term “design” refers to the method of grouping experimental units into homogeneous groups or blocks (i.e., the way in which the randomization is restricted).

Standard deviation refers to the variability in a sample or a population. The standard error (calculated from error variance) is the estimated sampling error of a statistic such as the sample mean. When a standard deviation or standard error is given, the number of degrees of freedom on which it rests should be specified. When any statistical value (as mean or difference of 2 means) is mentioned, its standard error or confidence limit should be given. The fact that differences are not “statistically significant” is no reason for omitting standard errors. They are of value when results from several experiments are combined in the future.

They also are useful to the reader as measures of efficiency of experimental techniques. A value attached by “ $\pm$ ” to a number implies that the second value is its standard error (not its standard deviation). Adequate re-*porting* may require only 1) the number of observations, 2) arithmetic treatment means, and 3) an estimate of experimental error. The pooled standard error of the mean is the preferred estimate of experimental error. Standard errors need not be presented separately for each mean unless the means are based on different numbers of observations or the heterogeneity of the error variance is to be emphasized. Presenting individual standard errors clutters the presentation and can mislead readers.

For more complex experiments, tables of subclass means and tables of analyses of variance or covariance may be included. When the analysis of variance contains several error terms, such as in split-plot and repeated measures designs, the text should indicate clearly which mean square was used for the denominator of each F statistic. Unbalanced factorial data can present special problems. Accordingly, it is well to state how the computing was done and how the parameters were estimated. Approximations should be accompanied by cautions concerning possible biases.

Contrasts (preferably orthogonal) are used to answer specific questions for which the experiment was designed; they should form the basis for comparing treatment means. Nonorthogonal contrasts may be evaluated by Bonferroni t statistics. The exact contrasts tested should be described for the reader. Multiple-range tests are not appropriate when treatments are orthogonally arranged. Fixed-range, pairwise, multiple-comparison tests should be used only to compare means of treatments that are unstructured or not related. Least

squares means are the correct means to use for all data, but arithmetic means are identical to least squares means unless the design is unbalanced or contains missing values or an adjustment is being made for a covariate. In factorial treatment arrangements, means for main effects should be presented when important interactions are not present. However, means for individual treatment combinations also should be provided in table or text so that future researchers may combine data from several experiments to detect important interactions. An interaction may not be detected in a given experiment because of a limitation in the number of observations.

The terms significant and highly significant traditionally have been reserved for  $P < 0.05$  and  $P < 0.01$ , respectively; however, reporting the P-value is preferred to the use of these terms. For example, use “. . . there was a difference ( $P < 0.05$ ) between control and treated samples” rather than “. . . there was a significant ( $P < 0.05$ ) difference between control and treated samples.” When available, the observed significance level (e.g.,  $P = 0.027$ ) should be presented rather than merely  $P < 0.05$  or  $P < 0.01$ , thereby allowing the reader to decide what to reject. Other probability ( $\alpha$ ) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled. Do not report P-values to more than 3 places after the decimal. Regardless of the probability level used, failure to reject a hypothesis should be based on the relative consequences of type I and II errors. A “nonsignificant” relationship should not be interpreted to suggest the absence of a relationship. An inadequate number of experimental units or insufficient control of variation limits the power to detect relationships. Avoid the ambiguous use of  $P > 0.05$  to declare nonsignificance, such as indicating that a difference is not significant at  $P > 0.05$  and subsequently declaring another difference significant (or a tendency) at  $P < 0.09$ . In addition, readers may incorrectly interpret the use of  $P > 0.05$  as the probability of a  $\beta$  error, not an  $\alpha$  error.

Present only meaningful digits. A practical rule is to round values so that the change caused by rounding is less than one-tenth of the standard error. Such rounding increases the variance of the reported value by less than 1%, so that less than 1% of the relevant information contained in the data is sacrificed. Significant digits in data reported should be restricted to 3 beyond the decimal point, unless warranted by the use of specific methods.

## Results and Discussion

Results and Discussion sections may be combined, or they may appear in separate sections. If separate, the Results section shall contain only the results and summary of the author's experiments; there should be no literature comparisons. Those comparisons should appear in the Discussion section. Manuscripts reporting sequence data must have GenBank accession numbers prior to submitting. One of the hallmarks for experimental evidence is repeatability. Care should be taken to ensure that experiments are adequately replicated. The results of experiments must be replicated, either by replicating treatments within experiments or by repeating experiments.

## Acknowledgments

An Acknowledgments section, if desired, shall follow the Discussion section. Acknowledgments of individuals should include affiliations but not titles, such as Dr., Mr., or Ms. Affiliations shall include institution, city, and state.

## Appendix

A technical Appendix, if desired, shall follow the Discussion section or Acknowledgments, if present. The Appendix may contain supplementary material, explanations, and elaborations that are not essential to other major sections but are helpful to the reader. Novel computer programs or mathematical computations would be appropriate. The Appendix will not be a repository for raw data.

## References

**Citations in Text:** In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires that the authors' names be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a,b; Jones et al., 1993). Where there are more than two authors of one article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than one article listed in the same sentence of text must be in chronological order first, and alphabetical order for two publications in the same year. Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as: "J. E. Jones (institution, city, and state, personal communication)." The author's

own un- published work should be listed in the text as “(J. Smith, unpublished data).” Personal communications and un- published data must not be included in the References section.

**References Section:** To be listed in the References section, papers must be published or accepted for publication. Manuscripts submitted for publication can be cited as “personal communication” or “unpublished data” in the text.

Citation of abstracts, conference proceedings, and other works that have not been peer reviewed is strongly discouraged unless essential to the paper. Abstract and proceedings references are not appropriate citations in the Materials and Methods section of a paper. In the References section, references shall first be listed alphabetically by author(s)’ last name(s), and then chronologically. The year of publication follows the authors’ names. As with text citations, two or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date.

The dates for papers with the same first author that would be abbreviated in the text as et al., even though the second and subsequent authors differ, shall also be differentiated by letters. All authors’ names must appear in the Reference section. Journals shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations given in journals database of the National Library of Medicine. One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided. Sample references are given below. Consult recent issues of Poultry Science for examples not included below.

*Article:*

Bagley, L. G., and V. L. Christensen. 1991. Hatchability and physiology of turkey embryos incubated at sea level with in- creased eggshell permeability. *Poult. Sci.* 70:1412–1418.

Bagley, L. G., V. L. Christensen, and R. P. Gildersleeve. 1990. Hematological indices of turkey embryos incubated at high altitude as affected by oxygen and shell permeability. *Poult. Sci.* 69:2035–2039.

Witter, R. L., and I. M. Gimeno. 2006. Susceptibility of adult chickens, with and without prior vaccination, to challenge with Marek’s disease virus. *Avian Dis.* 50:354–365.

doi:10.1637/7498-010306R.1

*Book:*

Metcalfe, J., M. K. Stock, and R. L. Ingermann. 1984. The effects of oxygen on growth and development of the chick embryo. Pages 205-219 in *Respiration and Metabolism of Embryonic Vertebrates*. R. S. Seymour, ed. Dr. W. Junk, Dordrecht, the Netherlands.

National Research Council. 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

*Federal Register:*

Department of Agriculture, Plant and Animal Health Inspection Service. 2004. Blood and tissue collection at slaughtering and rendering establishments, final rule. 9CFR part 71. Fed. Regis. 69:10137–10151.

*Other:*

Choct, M., and R. J. Hughes. 1996. Long-chain hydrocarbons as a marker for digestibility studies in poultry. *Proc. Aust. Poult. Sci. Symp.* 8:186. (Abstr.)

Dyro, F. M. 2005. Arsenic. WebMD. Accessed Feb. 2006.

<http://www.emedicine.com/neuro/topic2>

0.htm.

El Halawani, M. E., and I. Rosenboim. 2004. Method to enhance reproductive performance in poultry. Univ. Minnesota, as- signee. US Pat. No. 6,766,767.

Hruby, M., J. C. Remus, and E. E. M. Pierson. 2004. Nutritional strategies to meet the challenge of feeding poultry without antibiotic growth promotants. *Proc. 2nd Mid-Atlantic Nutr. Conf.*,

Timonium, MD. Univ. Maryland, College Park. Luzuriaga, D. A. 1999. Application of computer vision and electronic nose technologies for quality assessment of color and odor of shrimp and salmon. PhD Diss. Univ. Florida, Gainesville.

Peak, S. D., and J. Brake. 2000. The influence of feeding program on broiler breeder male mortality. *Poult. Sci.* 79(Suppl. 1):2. (Abstr.)

## ANEXO D – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NO PERÍODICO ASIAN-AUSTRALASIAN JOURNAL OF ANIMAL SCIENCES

### INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

*Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* (AJAS) is the official journal of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies (AAAP). Anyone who would like to submit a manuscript is advised to carefully read the aims and scope section of this journal. Manuscripts submitted to AJAS should be prepared according to the following instructions. For issues not addressed in these instructions, the author is referred to the International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) “Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals” (<http://www.icmje.org>).

### AIMS AND SCOPE

AJAS aims to publish original and cutting-edge research results and reviews on animal-related aspects of the life sciences. Emphasis will be placed on studies involving farm animals such as cattle, buffaloes, sheep, goats, pigs, horses, and poultry. Studies for the improvement of human health using animal models may also be publishable. AJAS will encompass all areas of animal production and fundamental aspects of animal sciences: breeding and genetics, reproduction and physiology, nutrition, meat and milk science, biotechnology, behavior, welfare, health, and livestock farming systems. AJAS is subdivided into 10 sections.

- Animal Breeding and Genetics: quantitative and molecular genetics, genomics, genetic evaluation, evolution of domestic animals, and bioinformatics
- Animal Reproduction and Physiology: physiology of reproduction, development, growth, lactation, and exercise; and gamete biology
- Ruminant Nutrition and Forage Utilization: rumen microbiology and function, ruminant nutrition, physiology and metabolism, and forage utilization
- Swine Nutrition and Feed Technology: swine nutrition and physiology; evaluation of feeds, feed additives, and feed processing technology
- Poultry and Laboratory Animal Nutrition: nutrition and physiology of poultry and other non-ruminant animals
- Animal Products: milk and meat science, muscle biology, product composition, food safety, food security, and functional foods
- Animal Biotechnology: molecular nutrition, transgenic animals, identification and manipulation of genes

- Animal Health: immune modulation, infection and immunity, stress responses, vaccines and therapeutics, and animal models
- Animal Behavior and Welfare: social and sexual behavior, adaptation, and animal welfare
- Environment and Management: livestock waste management, livestock and environment, and livestock farming systems.

## **COPYRIGHTS AND CREATIVE COMMONS ATTRIBUTION LICENSE**

A submitted manuscript, when published, will become the property of the journal. Copyrights of all published materials are owned by AAAP. The Creative Commons Attribution License available from: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> is also in effect.

### **1. Authorship**

Authorship credit should be based on (1) substantial contributions to conception and design, acquisition of data, and/or analysis and interpretation of data; (2) drafting the article or revising it critically for important intellectual content; (3) final approval of the version to be published; and (4) agreement to be accountable for all aspects of the work in ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved. Every author should meet all of these four conditions. After the initial submission of a manuscript, any changes whatsoever in authorship (adding author(s), deleting author(s), or re-arranging the order of authors) must be explained by a letter to the editor from the authors concerned. This letter must be signed by all authors of the paper. Copyright assignment must also be completed by every author.

- Corresponding author and first author: AJAS allows a multiple corresponding authorship (maximum two) for one article. Only one author should correspond with the editorial office for one article. AJAS accepts notice of equal contribution for the first author when the study was clearly performed by co-first authors (maximum two).

- Correction of authorship after publication: AJAS does not correct authorship after final acceptance unless a mistake has been made by the editorial staff. Authorship may be changed before final acceptance when the authorship correction is requested by all of the authors involved with the manuscript.

### **2. Originality, Plagiarism, and Duplicate Publication**

Submitted manuscripts must not have been previously published and not be under consideration for publication elsewhere. No part of the accepted manuscript should be duplicated in any other scientific journal without the permission of the editorial board of AJAS. Submitted manuscripts are screened for possible plagiarism or duplicate publication by CrossCheck upon receipt by the journal. If plagiarism

or duplicate publication related to the papers of this journal is detected, the manuscripts may be rejected, the authors will be announced in the journal, and their institutions will be informed. There will also be penalties for the authors. A letter of permission is required for any and all material that has been published previously. It is the responsibility of the author to request permission from the publisher for any material that is being reproduced. This requirement applies to text, figures, and tables.

### **3. Secondary Publication**

It is possible to republish manuscripts if they satisfy the conditions of secondary publication of the ICMJE Recommendations ([http://www.icmje.org/urm\\_main.html](http://www.icmje.org/urm_main.html)).

### **4. Conflict of Interest Statement**

The corresponding author must inform the editor of any potential conflicts of interest that could influence the authors' interpretation of the data. Examples of potential conflicts of interest are financial support from or connections to companies, political pressure from interest groups, and academically related issues. In particular, all sources of funding applicable to the study should be explicitly stated.

### **5. Care and Use of Animals**

All animal experiments should be reviewed by the Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) for the care and use of animals. The manuscript must include a statement of IACUC compliance that should appear as the first item in the Methods section. If necessary, the editor or reviewers may request copies of these documents to resolve questions about IACUC approval and study conduct. AJAS retains the right to reject any manuscript on the basis of unethical conduct or misconduct of animal studies.

### **6. Process for Managing Research and Publication Misconduct**

When the journal faces suspected cases of research and publication misconduct such as redundant (duplicate) publication, plagiarism, fraudulent or fabricated data, changes in authorship, an undisclosed conflict of interest, ethical problems with a submitted manuscript, complaints against editors, and so on, the resolution process will follow the flowchart provided by the Committee on Publication Ethics (<http://publicationethics.org/resources/flowcharts>). The discussion and decision on the suspected cases will be carried out by ethics committee of AJAS.

## 7. Editorial Responsibilities

The editorial board will continuously work to monitor and safeguard publication ethics: guidelines for retracting articles; maintenance of the integrity of the academic record; preclusion of business needs from compromising intellectual and ethical standards; publishing corrections, clarifications, retractions, and apologies when needed; and excluding plagiarism and fraudulent data. The editors maintain the following responsibilities: responsibility and authority to reject and accept articles; avoiding any conflict of interest with respect to articles they reject or accept; promoting publication of corrections or retractions when errors are found; and preservation of the anonymity of reviewers.

## SUBMISSION AND PEER REVIEW PROCESS

### 1. Submission

All manuscripts should be submitted via the AJAS e-submission system (<http://submit.ajas.info/>). If there are difficulties, authors should contact the editorial office (<http://submit.ajas.info/community/contact/>).

### 2. Peer Review/Revision Process

The suitability of papers for publication in AJAS is judged by the members of the editorial board. The editor-in-chief has full responsibility for the papers submitted, which are evaluated in the order received. At the initial stage, the editor-in-chief may ask the associate editors to evaluate submitted papers for suitability for further review. Each paper that is deemed suitable will be evaluated by at least two members of the editorial board or other scientifically qualified reviewers. The editor-in-chief handles all correspondence with the author and makes the final decision as to whether the paper is recommended for acceptance or rejection, or needs to be returned to the author for revision.

A reviewer may not be from the same institution as the author. Reviewers should examine the paper and return it with their report to the editor-in-chief as soon as possible, usually within 3 weeks. The identity and the report of the reviewers are made known to the editor-in-chief, but only the anonymous report is routinely sent to the author. The anonymity of the reviewers is preserved unless it is desired otherwise by all parties involved.

The reviewer recommends acceptance, acceptance after revision, resubmission after revision, or rejection. If both reviewers recommend acceptance or rejection, the decision stands. When their opinions differ, then the editor-in-chief may ask a third reviewer or associate editor to decide on the

acceptance or rejection of that paper. The editor-in-chief may have to decide whether to accept or reject a manuscript for which review reports are overdue if the review process has not been completed within 2 months.

Papers needing revision will be returned to the corresponding author, and the author must return the revised manuscript to the editor-in-chief within 4 weeks; otherwise, the author will be notified that the paper has been withdrawn. The editor-in-chief may send the revised manuscript to associate editors to examine whether the manuscript has been revised as suggested by the reviewers. If a paper is not suitable for publication, the corresponding author will be notified with a statement of reasons for rejection. The author may appeal if s/he believes an erroneous or unfair judgement has been made. A letter to the editor-in-chief presenting reasons why the decision should be reconsidered will be given due consideration. Most papers that eventually are published are first returned for revision. Common reasons for requesting revision are failure to follow style and form, lack of clarity or brevity, questions of fact or theory, poor organization of tabular material, and poor English.

## MANUSCRIPT PREPARATION

### 1. General Requirements

- The manuscript must be double-spaced in Times New Roman font (size 10). All pages should be numbered consecutively in the top right hand corner, beginning with the title page.
- The lines on all pages, including those pages for references and figure legends, must be numbered consecutively in the left margin, beginning with number one at the top of the title page. A 2.5 cm margin on both sides of the page is desirable.
- Weights and measures must be expressed in the SI unit (metric) system and temperatures in the Celsius (centigrade) scale.
- Tables, double-spaced, should be as few and as simple as is feasible. Each table should be on a separate sheet.
- The legends for figures should be typed on a separate sheet. Photographs should be carefully prepared so that a clear image can be printed.
- Manuscripts will be edited in the order received, and accepted papers will be published in the order submitted if at all possible.
- Authors whose native language is not English are strongly encouraged to have their manuscripts proofread prior to submission.
- Authors must declare any financial support or relationships that may pose a conflict of interest.

Manuscript preparation is different according to the publication type, including Original Articles, Reviews, Technical Notes, Editorials, Book Reviews, and Correspondence. Other types may also be

negotiated with the editorial board of AJAS.

## 2. Original Articles

Original Articles are reports of basic investigations. Although there is no limitation on the length of the manuscripts, the editorial board may abridge excessive illustrations and large tables. The manuscript for an Original Article should be organized in the following sequence: title page, abstract, keywords, main text (introduction, materials and methods, results, and discussion), implications (optional), acknowledgments (optional), references, tables, and figure legends. The figures may be submitted as separate files.

### 1) Title page

The following items should be included on the title page: (a) the title of the manuscript, (b) author list, (c) each author's affiliation and e-mail, (d) the name, e-mail, and telephone number of the corresponding author, (e) when applicable, the source of any research funding and a list of where and when the study has been presented in part elsewhere, and (f) a running title of fewer than 45 characters.

The title of the manuscript should be typed in bold-faced print using both upper and lower case letters and set in the center of the page. Although the title should be as brief as possible, it is recommended to include the animal species involved in the research when applicable. Abbreviations are not permitted in the title. Full names of all authors should be provided with the family name in italics. Indications of professorial rank or other professional titles should not be used. Naming an author on a paper implies that the person named is aware of the research reported and agrees with and accepts responsibility for any results or conclusions reported.

The address of the institution where the research was conducted should include the name of the institution, city, zip code, and country. If the affiliation is different from the first author, the authors should be marked "1," "2," "3," and so forth in Arabic numerals, which should appear in superscript at the top right-hand corner of the author's name and at the beginning of each affiliation.

### 2) Abstract

A structured abstract is required for original articles and an unstructured one for reviews papers. The abstract, consisting of no more than 300 words, appears on a separate page following the title page. The abstract should summarize pertinent results in a brief but understandable form. A structured abstract should contain Objective (purpose/background), Methods, Results, and Conclusion sections. An unstructured abstract should be one paragraph without sections. References should never be cited in the abstract. Abbreviations that appear in the abstract that are not included in the standard abbreviation listing (Appendix 2) must be defined before they are first used.

### 3) Keywords

At the end of the abstract, up to six keywords that best describe the nature of the research should be listed. The term "Keywords" should appear in bold followed by a colon. The first letter of each keyword is capitalized and keywords are separated by semicolon. Keywords should include the animal species, variables tested, and the major response criteria. Keywords must be selected from the CAB Thesaurus (available from <http://www.cabi.org/cabthesaurus/>).

### 4) Headings

The article's major headings (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion [or Results and Discussion], and References) appear in roman bold-faced type. First subheadings appear at the left margin on a separate line in bold-faced print, are not followed by punctuation, and only the first word is capitalized. First subheadings are used when subsections consist of several paragraphs. Second subheadings appear at the beginning of the first line of a paragraph. They are italicized and do not require labeling (a, b, c, etc.).

### 5) Introduction

The introduction starts on a new page following the abstract. The introduction briefly justifies the research and specifies the hypotheses to be tested. Extensive discussion of relevant literature should be included in the discussion of results, not in the introduction. To minimize length and avoid redundancy, generally no more than three references should be cited to support a specific concept.

### 6) Materials and Method

- All animal experiments should be reviewed by IACUC for the care and use of animals. If specimens from human subjects were used in research, the authors must certify that the approval of the research from an appropriate IRB was obtained. The manuscript must include a statement of IACUC or IRB compliance or exemption in this section.
- A clear description or original reference is required for all biological, analytical, and statistical procedures used in the experiment. All modifications of procedures must be explained. Diets, animals (breed, sex, age, body weight, and weighing conditions [i.e., with or without restriction of feed and/or water]), surgical techniques, measurements, and statistical models should be described clearly and fully. Brand names and company names and locations for all substances and equipment referred to in the text should be included in parentheses within the text, not in footnotes.

Statistics: Biology should be emphasized, but the use of incorrect or inadequate statistical methods to analyze and interpret biological data is not acceptable. Consultation with a statistician is recommended. Statistical methods commonly used in the area of animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided. The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of statistical analysis should justify the interpretations and conclusions.

#### 7) Results

Results should be presented in tabular form when feasible. The text should explain or elaborate on the tabular data, but numbers should not be repeated extensively within the text. Sufficient data, all with some index of variation attached, should be presented to allow the readers to interpret the results of the experiment. The discussion may be combined with the results in one section if desired.

#### 8) Discussion

The discussion, whether in a separate section or combined with the results, should interpret the results clearly and concisely in terms of biological mechanisms and should integrate with the research findings of other studies to provide the readers with a broad base for understanding whether the hypotheses tested were accepted or rejected.

#### 9) Implications (optional)

This section, consisting of no more than 100 words in one paragraph, follows the discussion and should explain in lay terms, without abbreviations, acronyms, or citations, what the findings of this research imply for animal production and/or biology. Though some speculation is permitted, this section should also caution the reader against overextrapolation of results. For manuscripts with direct applications, this section will consist of an interpretive summary.

#### 10) References

In the text, references should be cited with Arabic numerals in brackets, numbered in the order cited. In the references section, the references should be numbered and listed in order of appearance in the text. The number of references is limited to 30 for Original Articles. All authors of a cited work should be listed if there are six or fewer authors. The first three authors should be listed followed by “et al.” if there are more than six authors. If a reference has a digital object identifier (DOI), it should be supplied. Non-published findings and personal communications should not be included in the list of references. Journals titles shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations used by PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nlmcatalog/journals>). A short list of journal title abbreviations is provided in Appendix 1. Sample references are given below. Other types of references not described below should follow *The NLM Style Guide for Authors, Editors, and Publishers* (<http://www.nlm.nih.gov/citingmedicine>).

#### **Sample References**

(Journal Articles)

1. Seo D, Bhuiyan MS, Sultana H, Heo JM, Lee JH. Genetic diversity analysis of South and East Asian duck populations using highly polymorphic microsatellite markers. *Asian-Australas J Anim Sci* 2016;29:471-8.
2. Tizioto PC, Coutinho LL, Mourão GB, et al. Variation in myogenic differentiation 1 mRNA abundance is associated with beef tenderness in Nelore cattle. *Anim Genet* 2016 Mar 30 [Epub]. <http://dx.doi.org/10.1111/age.12434>
3. Krehbiel CR, Cranston JJ, McCurdy MP. An upper limit for caloric density of finishing diets. *J Anim Sci* 2006;84 Suppl:E34-49.
4. Mahan DC, Weaver EM, Russell LE. Improved postweaning pig performance by adding NaCl or HCl to diets containing animal plasma [abstract]. *J Anim Sci* 1996;74(Suppl 1):58.

(Books and Book Chapters)

5. Field TG, Taylor RE. *Scientific farm animal production: an introduction to animal science*. 11th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall; 2015.
6. Committee on Nutrient Requirements of Swine, National Research Council. *Nutrient requirements of swine*. 11th ed. Washington, DC: National Academy Press; 2012.
7. Latimer GW; AOAC International. *Official methods of analysis of AOAC International*. 19th ed. Gaithersburg, MD: AOAC International; 2012.
8. Preston ND, Daszak P, Colwell RR. The human environment interface: applying ecosystem concepts to health. In: Mackenzie JS, Jeggo M, Daszak P, Richt JA, editors. *One health: the human-animal-environment interfaces in emerging infectious diseases*. New York: Springer-Verlag; 2013. p. 83-100.

(Web sites)

9. Raosoft. Sample size calculator [Internet]. Raosoft Inc.; c2004 [cited 2016 Apr 1]. Available from: <http://www.raosoft.com/samplesize.html>
10. Metagenomics: sequences from the environment [Internet]. Bethesda, MD: National Center for Biomedical Information; 2006 [cited 2016 Feb 20]. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.f.cgi?rid=metagenomics.TOC>

(Dissertations and Theses)

11. Ha JK. *Studies on beneficial and adverse effects of dietary buffers for lambs* [dissertation]. Brookings, SD: South Dakota State University; 1981.
12. Yoon CH. *Effects of lysine and sodium levels on growth performance, acid-base balance and lysine-arginine antagonism in broiler chicks* [master's thesis]. Seoul, KR: Seoul National University; 1991.

## (Conference Papers)

13. Moss KJ, Greening L. The effect of age and gender on the time taken for horses to learn an operant task. In: Proceedings of the British Society of Animal Science 2009; 2009 Mar 30-Apr 1; Southport, UK. Penicuik, UK: British Society of Animal Science; 2009. p. 1.
14. Patrias K. Computer-compatible writing and editing. Interacting with the digital environment: modern scientific publishing. 46th Annual Meeting of the Council of Science Editors; 2003 May 3-6; Pittsburgh, PA.

## (Research Reports)

15. Page E, Harney JM. Health hazard evaluation report. Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health; 2001. Report No.: HETA2000-0139-2824.

## 11) Tables

Tables are used to present numerical data in a self-explanatory manner. They should be intelligible without consulting the text and should not duplicate data already given in the text or in illustrations. Any abbreviation used in a table must be defined in that table. Tables should be double-spaced with each table on a separate sheet. Tables should appear immediately after the references. The tables should be paginated in series with the text.

All tables should be cited in the text. Arabic numerals are used to number tables. The table number (i.e., Table 4.) is typed in bold face followed by a period. The title of the table continues on the same line with only the first letter capitalized. A period should not appear at the end of the title. Column headings should have the first letter of each word capitalized while the names of variables are to be typed with only the first letter capitalized (i.e., Average daily gain).

For numerals less than 1, a zero should be inserted to the left of the decimal point, and if possible, columns should be center-aligned. If there are no data for a particular entry, a hyphen should be inserted. If an explanation is necessary, an abbreviation can be used in the body of the table (e.g., ND) and it should be explained clearly in the footnotes.

References to footnotes in a table are to be specified by superscript numbers, independently for each table. Superscript letters are used to designate statistical significance. Use a lower case p to indicate probability values (i.e.,  $p < 0.05$ ).

Presentation of pooled standard errors, the general basis for statistical comparisons of means, is recommended when variance is homogeneous. These should be presented in a separate column or row. Standard errors can be attached to each mean by  $\pm$  signs when variance or SE is heterogeneous (e.g., unbalanced experiments or unequal numbers of observations in treatment means). The pooled standard error is the preferred estimate of experimental error because presenting individual standard errors tends to clutter up the table.

For diet composition, major ingredient inclusion levels should be presented as a percentage of the total rather than in grams or kilograms of food.

## 12) Figures

Figures should be placed at the end of the manuscript with each figure on a separate page. Figure legends should be typed (double spaced) on a separate page.

Figures should fit in one column (8 cm wide), or full-page width (17 cm wide). A minimum type size of 8 points (Times New Roman) is recommended so as to be readable in the final publication size. For tables containing multiple lines, solid, long-dash, short-dash, and dotted lines should be used, while gray or shaded lines should be avoided. Lines with different symbols for the data points may also be used to distinguish curves. Unnecessary backgrounds and grid lines should be removed from graphs. Each axis should have a description and a unit. For bar charts, different fill patterns may be used if needed (black, white, gray, and stripes). Curves and data points should be identified using the following symbols (●, ○, ■, □, ◆, ◇, ▲, △, +, and ×). Symbols should be defined in the figure legend or in a key on the figure. The preferred file type for figures is JPEG, TIFF, or PPT. If figures are to be reproduced in grayscale (black and white), they should be submitted as such. If figures are to appear in color in the print journal, the files must be submitted in CMYK color (not RGB). The minimum resolution is 300 dpi for color and grayscale figures, and 600 dpi for line art. Photomicrographs must have their unmagnified size designated either in the caption or with a scale bar on the figure. A legend should be prepared to provide sufficient information and all abbreviations, and the symbols used in the figure should be defined in the legend.

## 3. Other Types of Manuscripts

All other types of manuscripts should meet the abovementioned requirements. For additional requirements for other types of manuscripts, the following guidelines apply.

### 1) Reviews

Reviews are invited by the editor and should be comprehensive analyses of specific topics. They are to be organized in the same way as an Original Article with an unstructured abstract (300 words maximum). The number of references is limited to 80.

## 2) Technical Notes

A Technical Note is used to report a new method, technique, or procedure of interest to AJAS readers. When possible, a Technical Note should include a comparison of results from the new method with those from previous ones, using appropriate statistical tests. The advantages and disadvantages of the new procedure should be discussed. They are to be organized in the same way as an Original Article with an unstructured abstract (200 words maximum). The length of the text excluding references, tables, and figures should not exceed 2,500 words. The number of references is limited to 15.

## 3) Editorials

Editorials are invited by the editor and should be commentaries on articles published recently in the journal. Editorial topics may include active areas of research, fresh insights, and debates in all fields considered to be of interest to AJAS readers. Editorials should not exceed 1,000 words, excluding references, tables, and figures. References should not exceed 5. A maximum of 3 figures including tables is allowed.

## 4) Book Reviews

Book Reviews are solicited by the editor. These will cover recently published books considered to be of interest to AJAS readers. The format is same as that of Editorials.

## 5) Correspondence

Correspondence (letters to the editor) may be in response to a published article, or a short, free-standing piece expressing an opinion. Correspondence should be no longer than 1,000 words of text and 5 references.

In reply: If the Correspondence is in response to a published article, the editor-in-chief may choose to invite the article's authors to write a Correspondence Reply. Replies by authors should not exceed 1,000 words of text and 10 references.

## 4. Use of Numbers

The following rules address the formatting of numbers:

- Numbers one through nine should be spelled out and numerals be used for 10 and above.
- Arabic numerals should be used with abbreviated units of measure: 2 g, 5 d, \$4.00, 3%, and numerical designations in the text: exp 1, group 3, etc.

- Arabic numerals should be used to express times and dates: 08:00 h, 3 Sept. 1985, etc.
- In a series using some numbers less than 10 and some more than 10, numerals should be used for all (i.e., 2 Holsteins, 6 Charolais, and 15 Friesians).
- When writing a large number ending in several zeros that represents an approximation, a word should be used for part of the number (i.e., 1.8 million rather than 1,800,000).
- When two numbers appear adjacent to each other, the first should be spelled out (i.e., ten 2-d-old chicks rather than 10 2-d-old chicks).
- A sentence should not begin with a numeral. The number should be spelled out, and when possible, the sentence can be rearranged to eliminate lengthy sentence-initial numbers.
- The 24-h clock system should be used: 09:30, 13:40, etc. Periods of time should be expressed in quantitative hours (e.g., 2 h 16 min). The terms hour (h), minute (min), second (s), and year (yr) should be abbreviated when used with a number in the text but spelled out when they are used alone.
- A hyphen should not be used to indicate inclusiveness (e.g., 12 to 14 mg or wk 3 and 4, not 12-14 mg or wk 3-4).

## **FINAL PREPARATION FOR PUBLICATION**

### **1. Manuscript Corrections**

Before publication, the manuscript editor may correct the manuscript such that it meets the standard publication format. The author(s) must respond within 2 days when the manuscript editor contacts the author for revisions. If the response is delayed, the manuscript's publication may be postponed.

### **2. Galley Proof**

The author(s) will receive the final version of the manuscript as a PDF file. Upon receipt, within 2 days, the editorial office (or printing office) must be notified of any errors found in the file. No major changes including changes to the author list will be allowed at this stage. Any errors found after this time are the responsibility of the author(s) and will have to be corrected as an erratum.

## **SUBMISSION FEE AND ARTICLE-PROCESSING CHARGES**

There is no submission fee. For information on article-processing charge for papers accepted for publication, see "Subscription, page charge policy" (<http://www.ajas.info/authors/subscription.php>).