

Utilização de larvas de mosca-soldado-negra (*Hermetia illucens* (L. 1758)) como substituto parcial da soja em regimes alimentares para frangos de carne

Maria Ana Andrade Sales Machado

Dissertação para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Agronómica

Orientadores:

Doutora Maria Madalena dos Santos Lordelo Redford

Doutor Daniel José de Moura Carita Dinis Murta

Constituição do júri:

Presidente:

Doutora Elisabete Tavares Lacerda de Figueiredo Oliveira, Professor auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais:

Doutora Luísa Almeida Lima Falcão e Cunha, Professor associado com agregação do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;
Doutora Maria Madalena dos Santos Lordelo Redford, Professor auxiliar do(a) Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Agradecimentos

A execução desta dissertação não teria sido possível sem a colaboração de várias pessoas e entidades. Assim, estou extremamente agradecida a todos os que demonstraram interesse e disponibilizaram ajuda para a sua concretização.

Em primeiro lugar, quero agradecer à EntoGreen® que demonstrou uma enorme disponibilidade e vontade em me integrar no seu projeto EntoValor e sem a qual esta tese não seria possível.

Em segundo lugar, e não menos importante, quero agradecer à Doutora Olga Moreira, diretora do polo do INIAV de Santarém, pelo apoio à concretização deste ensaio, tanto pessoal como logístico, sem a qual a realização do mesmo seria impossível.

Agradeço profundamente a todas as pessoas que me ajudaram na preparação e execução do ensaio, assim como na obtenção de resultados, nomeadamente ao Sr. José Batista, ao João Costa, ao Sr. José Pinheiro e ao Eng. João Almeida pela disponibilidade, vontade de ajudar e capacidade em resolver problemas. Agradeço ainda a todo o pessoal do laboratório e do CAR-Fonte Boa que, de uma maneira, ou de outra, facilitaram a execução deste trabalho.

Os meus agradecimentos vão também para a colaboração do Professor Doutor Adam Davis da University of Georgia, por se ter disponibilizado a analisar farinha de larvas produzidas para o ensaio e a discutir os respetivos resultados, e à Lusiaves® por ter cedido os animais utilizados no ensaio.

Quero também agradecer ao Bruno Nardozi pelo seu enorme apoio e transferência de conhecimentos que facilitaram muito a concretização deste trabalho e aos meus amigos e familiares pelo apoio emocional e financeiro, sem a qual teria sido muito difícil chegar ao fim.

Por fim, agradeço aos meus orientadores, Prof.^a Madalena Lordelo e Doutor Daniel Murta que demonstraram um enorme interesse na realização deste trabalho, apresentando sempre sugestões e rigor científico que tornam esta dissertação num trabalho do qual me orgulho.

Suporte



Instituto Nacional de
Investigação Agrária e
Veterinária, I.P.

Financiamento

Trabalho desenvolvido no âmbito do projeto EntoValor (POCI-01-0247-FEDER-017675)

Cofinanciado por:



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu
de Desenvolvimento Regional

Resumo

O aumento da produção de aves a nível mundial induz impacto ambiental e económico significativo, sendo premente encontrar alternativas nutricionais mais sustentáveis. O presente trabalho pretende avaliar a utilização de farinha de inseto (mosca-soldado-negra - BSF) como substituto das matérias-primas convencionais.

Desta forma, foi conduzido um ensaio com quatro regimes alimentares: controlo e três níveis crescentes, de substituição da soja (bagaço e óleo) por farinha de BSF (Hi0 - sem substituição, Hi25 - 25%, Hi50 - 50% e Hi75 - 75%). Foram utilizados 48 frangos ROSS 308, criados dos 1-28 dias, abatidos no fim desse período. Avaliámos parâmetros zootécnicos e padrões anatomopatológicos e de qualidade de carne.

Foram encontradas diferenças significativas no peso vivo, ganho médio diário e índice de conversão (IC) ao longo do ensaio, em particular na semana 2 e 3, onde o Hi75 e Hi50, respetivamente, tiveram significativamente maior IC ($p > 0.05$). Contudo, quando considerado o período total de ensaio, estas três variáveis não exibiram diferenças significativas entre os diferentes regimes. Por outro lado, observaram-se diferenças significativas na ingestão de alimento e água, produção de excreta e parâmetros da qualidade da carne, onde o Hi50 e Hi0 tiveram valores de Chroma e Hue, respetivamente, maiores que os restantes ($p > 0.05$ e $p \geq 0.005$). Nos resultados analíticos da excreta, também se assinalam diferenças significativas em todas as análises, com o regime Hi0 a apresentar valores menores que os regimes experimentais na generalidade dos resultados. Foram detetadas alterações no peso relativo do fígado e no comprimento relativo do intestino, sendo o fígado Hi0 significativamente mais pesado ($p = 0.004$) e o intestino do Hi25 significativamente mais curto ($p = 0.034$).

Os resultados deste trabalho indicam que a inclusão de farinha de BSF não afeta significativamente as características produtivas de frangos de carne, sendo possível e promissor utilizar este novo ingrediente como solução nutricional alternativa mais sustentável.

Palavras-chave: *Hermetia illucens*, frangos de carne, matéria-prima alternativa, respostas zootécnicas, sustentabilidade alimentar

Abstract

The worldwide increase broiler production has a considerable environmental and economic impact, raising the urgency to find alternative feed ingredients that are more sustainable than consistently used. The goal of the current study was to evaluate the influence of replacing soy (soybean meal and soybean oil) with insect meal (Black Soldier Fly- BSF) in broiler feeding programs.

In this experiment, 48, 1-day-old Ross 308 broiler chicks were assigned to individual cages. Treatments consisted of a basal diet where soybean meal and soybean oil were replaced by 0% (Hi0), 25% (Hi25), 50% (Hi50) and 75% (Hi75) of dry BSF larvae. Birds were slaughtered at 28 days of age. Feed consumption, body weight and feed conversion were determined and analysis to excreta, meat quality and appearance were evaluated.

We found significant differences in live weight, average gain weight and feed conversion ratios (FCR) thought the trial, mainly in week 2 and 3, where Hi75 and Hi50 had a significantly higher FCR ($p < 0.05$), respectively. However, when considering the trial to its full extent, these variables are not significantly different between treatments. Also found significant differences in feed and water consumption, excreta production and meat quality criteria, where Hi50 and Hi0 had higher values for Chroma and Hue, respectively, than the other treatments ($p < 0.05$ e $p \leq 0.005$). The results of excreta analysis show multiple differences, with Hi0 having significantly lower values in most results. The results also demonstrated changes in livers relative weight and intestines relative length, where the liver from Hi0 was significantly heavier ($p = 0.004$) and the intestine of Hi25 significantly shorter ($p = 0.034$).

The results of the current study demonstrate that the inclusion of dry BSF larvae does not significantly affect broiler productive performance, and therefore it may be possible to use this new alternative feed ingredient as a more sustainable nutritional solution.

Key words: *Hermetia illucens*, broilers, alternative feed ingredient, growth performance, feeding sustainability

Índice

Agradecimentos.....	ii
Suporte.....	iii
Financiamento.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de Quadros.....	ix
Lista de Figuras.....	xi
Lista de Abreviaturas.....	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Introdução.....	3
2.2. A problemática dos resíduos orgânicos.....	5
2.3. Principais fontes proteicas.....	6
2.4. Utilização de insetos como fonte nutricional alternativa.....	9
2.4.1. A produção de insetos e a produção pecuária.....	9
2.4.2. Composição nutritiva dos insetos com maior potencial.....	12
2.5. A mosca-soldado-negra, <i>Hermetia illucens</i>	15
2.5.1. Descrição e Ciclo de vida.....	15
2.5.2. Distribuição e Produção.....	18
2.5.3. Potenciais benefícios para o setor agronómico.....	19
2.6. Requisitos alimentares de frangos de carne.....	24
2.7. Ensaio de digestibilidade realizados com rações de farinha de inseto.....	26
2.7.1. Aves.....	26
2.7.2. Frangos de carne.....	27
3. Materiais e métodos.....	31
3.1. Produção BSF.....	31
3.1.1. Modo de produção de larvas de mosca-soldado-negra.....	31
3.1.2. Separação de larvas do substrato.....	31
3.2. Análise da digestibilidade das larvas e perfil de aminoácidos.....	32
3.3. Ensaio <i>in vivo</i>	33
3.3.1. Preparação do material, disposição das gaiolas e condicionamento ambiental.....	33
3.3.2. Caracterização e preparação das dietas.....	34
3.3.3. Caracterização da estirpe de frangos de carne: ROSS 308.....	35
3.3.4. Registos diários.....	35
3.3.5. Registos semanais.....	36
3.3.6. Abate e processamento.....	36

3.4.	Características da carne	37
3.4.1.	Análise de cor	37
3.4.1.	pH.....	38
3.4.2.	Exsudação.....	38
3.4.3.	Análises Químicas	38
3.5.	Análise estatística.....	40
4.	Resultados.....	41
4.1.	Peso Vivo	41
4.2.	Índice de Conversão e Ganho Médio Diário.....	42
4.3.	Ingestão de alimento e água.....	43
4.4.	Produção de excreta.....	44
4.5.	Perímetro do peito e envergadura da asa.....	45
4.6.	Características da carcaça	45
4.7.	Análises calorimétrica aos frangos inteiros	46
4.8.	Alterações anatómicas	47
4.8.1.	Peso do Fígado	47
4.8.2.	Comprimento Intestino Delgado e Ceco	47
4.9.	Características da carne	49
4.9.1.	Cor	49
4.9.2.	pH.....	50
4.9.3.	Exsudação da carne	50
4.9.4.	Análises Nutricionais	51
4.10.	Análises químicas	51
4.10.1.	Lotes de rações	51
4.10.2.	Fornecimento de aminoácidos e digestibilidade das larvas	53
4.10.3.	Análise à excreta.....	54
5.	Discussão	57
6.	Conclusão.....	66
7.	Referências	67
8.	Anexos	76
8.1.	Formulação dos regimes alimentares	76
8.2.	Quadros com compilação dos resultados	77
8.2.1.	Resultados médios obtidos no decorrer do ensaio experimental.	77
8.2.2.	Resultados do rendimento de carcaça e do tamanho absoluto e relativos de alguns órgãos do sistema digestivo.	78
8.2.3.	Resultados de análises físicas executadas numa porção de carne do peito (cor, exsudação, pH e nutricionais)	79

8.2.4. Resultados das análises efetuadas à excreta de 4 indivíduos de cada regime alimentar, coletada durante do ensaio.	80
8.3. Especificações nutritivas AVIAGEN - ROSS 308.....	81

Lista de Quadros

Quadro 1 - Composição nutricional das espécies BSF, TB e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado a partir de Finke (2013).....	13
Quadro 2 - Composição mineral das espécies BSF, TB e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado a partir de Finke (2013).....	14
Quadro 3 - Perfil de Aminoácidos das espécies BSF, escaravelho da farinha e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado de Finke (2013).....	14
Quadro 4 - Perfil de Ácidos Gordos das espécies BSF, escaravelho da farinha (TM) e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado de Finke (2013).	15
Quadro 5 - Composição de aminoácidos de larva de BSF em comparação com a literatura. Adaptado de Tschirner and Simon (2015).....	19
Quadro 6 - Valores médio de L, a* e b* das porções de músculo peitoral dos vários regimes alimentares medidos no início e no fim do período de armazenamento (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	49
Quadro 7 - Resultados referentes ao primeiro lote de rações, onde o tamanho de partícula era de 3 mm. *valor em % de MS. HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	52
Quadro 8 - Resultados das análises ao segundo lote de rações onde o tamanho de partícula era de 5 mm. *valor em % de MS. HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	53
Quadro 9 - Composição aproximada da farinha de larvas BSF utilizada em ambos os lotes de rações dos regimes experimentais. EMV corresponde à Energia metabolizável verdadeira com a correção N.....	53
Quadro 10 - Perfil de AA de larvas BSF e a respetiva digestibilidade. Os * correspondem aos AA essenciais.	54
Quadro 11 - Formulações dos regimes alimentares presentes no ensaio, com os ingredientes em %. HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	76
Quadro 12 - Resultados médios de PV, IC, GMD, Ingestão de alimento e água e produção de excreta. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=48).	

HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	77
Quadro 13 - Valores de dados médios morfológicos e anatomopatológicos dos frangos pertencentes ao ensaio no dia de abate. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	78
Quadro 14 - Resultados médios das medições físicas executadas em porções de carne do peito (cor, exsudação, pH e nutricionais). Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	79
Quadro 15 - Resultados das análises a excreta coletada no decorrer do ensaio. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=16). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	80

Lista de Figuras

Figura 1 - Produção de soja no mundo. Adaptado de washingtonpost.com (2012).....	8
Figura 2 - Representação esquemática representativa das necessidades produtivas referentes às espécies pecuárias, vaca, porco e galinha doméstica, e insetos, gafanhotos e tenébrio, e a correspondente percentagem de quantidade de animal comestível (Dobermann et al. 2017).	12
Figura 3 - Larvas de BSF em vários instares de desenvolvimento (esquerda). Larva na fase de pré-pupa; fotografia de Jonathan Tan com escala de 1 mm (direita).	16
Figura 4 - BSF vista lateralmente. Escala de 1 mm.	17
Figura 5 - BSF no plano coronal. Fotografia por Maury Heiman.	17
Figura 6 - Esquema do ciclo de vida da mosca-soldado-negra.	18
Figura 7 - Representação esquemática da conversão de resíduos em biocombustível ou alimento para animais (Adaptado de Surendra et al., 2016).....	22
Figura 8 - Esquema do modo de produção de larvas.....	32
Figura 9 - Representação esquemática do espaço do ensaio e do desenho experimental. Os objetos não estão à escala real.	33
Figura 10 - Descrição do peso da população à chegada (dia 1) (esquerda) e no início do ensaio (dia 4) (direita). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	36
Figura 11 - Representação gráfica de Chroma e Hue (adaptado de plataforma Konica Minolta).....	38
Figura 12 - Pesos vivos médios dos animais ao longo de todo o ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	41
Figura 13- Flutuações dos IC médios dos frangos ao longo do ensaio e na totalidade. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	42
Figura 14- Evolução dos ganhos médios diários dos frangos ao longo do ensaio e na sua totalidade. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	43

Figura 15 - Ingestão individual média de alimento dos frangos ao longo do ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	43
Figura 16 - Ingestão média individual de água dos frangos durante o ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	44
Figura 17 – Pesos de excreta médios dos frangos ao longo do ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	45
Figura 18 - Pesos médios relativos do PC com o PV (esquerda) e pesos relativos do peito esquerdo e das coxas e pernas com o PC (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	46
Figura 19 - Resultados da EB dos frangos inteiros em % de produto e % de MS (esquerda) e Humidade total dos frangos inteiros (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	46
Figura 20 - Índice hepatossomático dos frangos calculados tendo em conta o peso de carcaça. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	47
Figura 21 - Comprimentos médios de intestino delgado absolutos (esquerda) e comprimentos médios do ID relativos ao peso de carcaça (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	48
Figura 22 - Relação dos comprimentos do ceco (cm) relativos ao peso de carcaça nos vários regimes alimentares. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	48

Figura 23 - Fotografias de cecos de frangos dos regimes Hi0 e Hi75 (esquerda e direita, respetivamente).....	48
Figura 24 - Representação dos valores médios de Chroma (esquerda) e Hue (direita) durante o armazenamento (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	49
Figura 25 - Resultado de pH da carne do peito direito (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	50
Figura 26 - Exsudação de porções de carne do peito às 48, 72 e 144 horas. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	50
Figura 27 - Representação gráfica dos resultados médios de MS, N-total, PB e cinzas de uma porção de carne do peito. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	51
Figura 28 - Representação gráfica das médias dos resultados das análises à excreta. Os valores encontram-se em % de MS (exceto a MS que se encontra em % de produto). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) (n=16). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.	55
Figura 29 - Representação gráfica das médias dos resultados às cinzas e micro minerais presentes na excreta (em % de MS). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) (n=16). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	56
Figura 30 - Representação gráfica das médias dos resultados da EB presente na excreta. Os valores encontram-se em % de MS (kJ). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) (n=16). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.....	56
Figura 31 - Especificações nutritivas para frangos de carne da estirpe ROS 308, com um objetivo de peso vivo ≤ 1.60 kg (Aviagen, 2014).	81

Lista de Abreviaturas

a* – tons vermelhos da carne

AA – Aminoácido(s)

AAE – Aminoácido(s) essencial(ais)

ADF – Fibra em detergente ácido

ADL – Lignina em detergente ácido

AGV – Ácidos gordos voláteis

Após_Coz – Leituras efetuadas na carne após o tratamento térmico (cozedura)

ARG – Arginina

b* – tons amarelos da carne

BSF- Mosca-soldado-negra (Black Soldier Fly)

C* - Chroma

Ca - Cálcio

Cl - Cloro

Cu - Cobre

CYS - Cistina

EB- Energia bruta

EMV – Energia metabolizável verdadeira

FB – Fibra bruta

Fe - Ferro

FEN – Fenilalanina

IC – Índice de conversão

ID – Intestino delgado

INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

IV - Infravermelho

GB- Gordura bruta

GMD – Ganho médio diário

H* – Hue

h - Horas

HIS – Histina

HI0 – Regime controlo com 0% inclusão de farinha de larvas BSF

HI25 - regime experimental com 25% do óleo e bagaço de soja substituído por farinha de larvas BSF

HI50 - regime experimental com 50% do óleo e bagaço de soja substituído por farinha de larvas BSF

HI75 – regime experimental com 75% do óleo e bagaço de soja substituído por farinha de larvas BSF

HT – Humidade total

ISO – Isoleucina

K - Potássio

L* - Luminosidade da carne

LEU – Leucina

LYS - Lisina

MET - Metionina

Mg – Magnésio

Mn - Manganês

MP – Matéria(s)-prima(s)

MS – Matéria seca

N - Azoto

NDF – Fibra em detergente neutro

N- Total – Azoto total

P – Fósforo

PB- Proteína bruta

PC – Peso de carcaça

POA – produtos de origem animal

PV – Peso vivo

PVF – Peso vivo final

TRE – Treonina

TRY – Triptofano

VAL – Valina

TM – *Tenebrio molitor*, Bicho da farinha

EMV_N – Energia metabolizável verdadeira

Zn – Zinco

1. Introdução

Tanto o aumento global do consumo de carne como o aumento populacional causam enormes pressões no sector pecuário, na produção pecuária, mas, especialmente, no fabrico de matérias-primas (MP) a ser empregues em alimentos compostos para animais (Van Huis *et al.* 2013). Apesar de a carne representar apenas 15% da energia total da dieta global humana, aproximadamente 80% das áreas agrícolas servem de apoio ao sector pecuário (Herrero *et al.* 2015). Ainda que subsistam muitos animais alimentando-se à base de pastagens, esta dieta é, em geral, complementada de modo energético e proteico sob a forma de rações, para potenciar o crescimento e obter melhores resultados finais. Atualmente, um terço dos cereais produzidos globalmente são utilizados como alimento para animais, com os monogástricos a ser os principais instigadores, dado não aproveitarem tanto a pastagem e consumirem uma maior quantidade de MP que poderiam ser empregues na alimentação humana (Mottet *et al.* 2017). A produção de MP para rações, nomeadamente de cereais e de soja, vai criar enormes pressões no planeta como resultado da intensificação da produção de animais, conseqüente ao aumento da procura de carne e alterações de hábitos alimentares das populações. Estes efeitos serão ainda mais graves quando consideramos a limitação dos recursos naturais, como a água e a terra arável, que incluem outras conseqüências ambientais que advêm da atividade pecuária, como emissões de gases de efeito de estufa, a acidificação resultante da lixiviação da amónia presente nos excrementos, a poluição da água, a desflorestação, a erosão do solo, a perda de biodiversidade e a desertificação (Steinfeld *et al.* 2006; Gerber *et al.* 2013; Herrero *et al.* 2015).

O mercado de produção de rações para animais cresceu 14%, entre 2011 e 2015, e atinge novos recordes de produção mundial todos os anos, o que resulta numa enorme pressão na procura por fontes nutricionais alternativas que sejam eficientes e, ao mesmo tempo, mais sustentáveis (Marone 2016). Surge então uma alternativa de modo a atenuar esta problemática que parte da utilização de determinadas espécies de inseto, uma vez que são constituídas essencialmente por proteína e gorduras, e altamente digestíveis. Estas espécies demonstram ainda características de produção atrativas para a sua aplicação como fonte proteica e energética, tanto na alimentação animal como na alimentação humana (Ramos-Elorduy *et al.* 1997; Van Huis *et al.* 2013).

A utilização de insetos como recurso alimentar torna-se assim uma opção mais sustentável dado a enorme taxa de reprodução e eficiência alimentar que estes animais apresentam, quando comparando com as espécies pecuárias (Herrero *et al.* 2015).

Adicionalmente, muitas das espécies que têm ganho maior interesse comercial, nomeadamente as larvas da mosca-soldado-negra (*Black Soldier Fly* - BSF), apresentam hábitos alimentares detritívoros (decompositores de matéria orgânica) que podem minimizar a quantidade de resíduos orgânicos gerados, cada vez em maior escala, quer em municípios, quer em explorações, e assim potenciar a reciclagem de nutrientes e reduzir o desperdício alimentar (FAO, 2006).

Esta dissertação tem como principais objetivos avaliar a influência da substituição parcial da soja por farinha de larvas BSF (*Hermetia illucens* L. 1758) nos regimes alimentares de frangos de carne. Procura-se apurar qual o nível de inclusão de larvas que contribui para obter melhores resultados, e de que modo esta inclusão atua no crescimento e conformação dos animais. Para tal, foi realizado um ensaio *in vivo* em gaiolas individuais, onde foram registados e analisados parâmetros zootécnicos como o peso vivo (PV), índice de conversão (IC), ingestão de alimento e água e produção de excreta; parâmetros anatomopatológicos como pesos dos órgãos e potenciais alterações no trato digestivo e, por último, parâmetros físicos de características e qualidade da carne. Em paralelo, com a colaboração do Professor Doutor Adam Davis, na University of Georgia, foi realizada uma avaliação da energia metabolizável verdadeira (EMV) fornecida pelas larvas em galos cectomizados. Os critérios empregues nesta dissertação foram ao encontro da exequibilidade, viabilidade e sustentabilidade da utilização desta alternativa alimentar, quer para o produtor, quer, mais tarde, para o consumidor que detém o poder de decisão para a obtenção do produto.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Introdução

As alterações climáticas obrigam à tomada de medidas mais sustentáveis e à poupança dos recursos naturais de modo a minimizar os efeitos consequentes do aquecimento global. O impacto causado pela produção de alimentos, especialmente de origem animal, é, cada vez mais, um tópico discutido em debates, especialmente no que toca à redução de emissões de dióxido de carbono. Desde emissões de gases, como o metano, dióxido de carbono ou óxido nítrico, à ocupação de terra para pastoreio, a produção pecuária é um dos setores que mais polui o ambiente tendo sido responsável por 14,5% das emissões globais de gases de efeito de estufa no ano de 2005, variando este valor entre 8 e 18% conforme os autores (Herrero et al. 2015; Vries and Boer 2010). Dentro desta percentagem, o setor avícola contribui com 8% das emissões de gases produzidas pela atividade pecuária. No entanto, 57% destas emissões resultam da produção de rações sendo quase metade relacionada com a expansão do cultivo da soja (Gerber et al. 2013).

Uma vez que se espera que a população mundial cresça dos atuais 7,2 mil milhões para 9,6 mil milhões até 2050, a demanda por alimento irá aumentar fortemente, estimando-se um crescimento de 75% na procura por carne (Van Huis et al. 2013). Esta procura resulta não só do aumento populacional, mas também do incremento de capacidade económica, especialmente em países em desenvolvimento, onde se estima que o consumo de carne *per capita* aumente de 28 kg (2005/2007) para 42 kg e, em países desenvolvidos, de 80 kg para 91 kg. Estes resultados são um pouco desproporcionais dado os produtos de origem animal (POA) representarem apenas 18% das calorias e 25% das proteínas consumidas globalmente. No que toca à proteína fornecida pelos POA, 31% é proveniente de ovos e carne de frango, estando em segundo lugar no fornecimento global de proteína, depois do leite e carne bovina que ocupam o primeiro lugar com 45% (Herrero et al. 2015; Mottet et al. 2017).

Surgem ainda dois fatores ambientais essenciais à obtenção de alimentos que devem ser empregues com muita disciplina: água potável e uso de terra arável. Uma estimativa da FAO (2012) aponta para que no ano 2025, pelo menos 1,8 milhões de pessoas vão viver em regiões de fornecimento de água impróprio e dois terços da população global habitarão em locais sob pressão por furos de água. O uso inadequado de água pode trazer graves consequências dado ser um recurso finito. Estima-se que 86% da água potável é empregue na produção de gado e indústrias agrícolas (Doreau et al. 2012). A área agrícola total atualmente empregue para gerar alimento à produção pecuária é

avaliada em de 2,5 mil milhões de hectares, sendo esta cerca de metade da área agrícola global segundo a FAOSTAT (2016). A maior parte desta área é constituída por pastagem, com cerca de 2 mil milhões de hectares. No que se refere ao uso de terra arável para cultivar MP utilizadas em rações pecuárias, esta atinge cerca de 560 milhões de hectares, aproximadamente 40% da terra arável global, o equivalente à área combinada da Índia e Argentina. No entanto, para a produção de cereais destinados a monogástricos, são ocupados 138 milhões de hectares, corresponde a 20% da área global cultivada com cereais que, em proporção, é o equivalente à área total da Península Ibérica, França e Reino Unido juntos (Mottet *et al.* 2017).

Outro grande impulsionador do uso de terra é a produção de soja que ocupa uma grande percentagem de terra arável, estando aproximadamente 88% da sua produção concentrada no continente americano (FAOSTAT, 2016). Apesar desta cultura não ser, diretamente, um grande emissor de gases de efeito de estufa, o modo de uso da terra associado à deflorestação e o transporte intercontinental do produto final, elevam estas emissões, aumentando as pressões ambientais (Van Huis *et al.* 2013).

No caso do aumento do consumo de POA é esperado um crescimento da quantidade de água utilizada para produção animal, especialmente para irrigação de culturas destinadas à produção de rações. Tendo em conta que, atualmente, um terço da produção global de alimentos e de cereais também é empregue nos sistemas pecuários, a utilização de água e a sustentabilidade do modo como obtemos os alimentos têm de ser trabalhadas por parte dos sistemas de produção. Tais medidas podem passar pelo aproveitamento de subprodutos, resultantes do processamento de alimentos para humanos que, apesar de serem edíveis, não são utilizados na cadeia alimentar (Mottet *et al.* 2017; Vries and Boer 2010).

Assim, como modo de mitigação do uso excessivo de recursos naturais, especialmente na produção de MP para fornecer aos animais, é sugerido a utilização de insetos como fonte de alimento alternativa (Van Huis *et al.* 2013). Adicionalmente, a literatura demonstrou que os insetos exibem uma pegada ecológica muito menor e um valor económico acrescentado face a outras proteínas de origem animal, podendo desempenhar um papel importante no fornecimento de proteína tanto para animais como para humanos. No geral, apresentam níveis de proteínas, gorduras e micronutrientes que podem contribuir para a saúde global e segurança alimentar, quer através do seu consumo direto, quer indireto através de farinhas e produtos processados (Dobermann *et al.* 2017; Oonincx *et al.* 2010; Sánchez-muros *et al.* 2014).

Por outro lado, atualmente, a produção agrícola, o processamento e transformação das cadeias alimentares, dão origem a grandes quantidades de resíduos orgânicos assim como a subprodutos que correspondem a cerca de 30% da produção global. Estes produtos vão ser gerados em quantidades ainda maiores com o aumento populacional e o aumento de consumo de comida processada, assim como em desperdícios. Uma vez que várias espécies de insetos apresentam hábitos alimentares detritívoros, consumidores de matéria orgânica, estas poderão facilitar a mitigação dos subprodutos através da reciclagem de nutrientes e a sua reintrodução na cadeia de valor (Mottet *et al.* 2017).

Temáticas como a valorização da terra e dos recursos de biomassa envolvidos na produção animal, no produto final que geram, mas também como o melhoramento dos modelos de produção e da comestibilidade de algumas MP por parte dos humanos serão necessárias abordar em futuras pesquisas de modo a corresponder ao desafio de alimentar de um modo sustentável 9,6 mil milhões de pessoas em 2050 (Mottet *et al.* 2017).

2.2. A problemática dos resíduos orgânicos

O aumento populacional e a concentração de grandes densidades populacionais, maioritariamente em grandes cidades, acarretam maiores dificuldades do que simplesmente o fornecimento de alimento. Grandes quantidades de resíduos alimentares e fecais são geradas e são vários os casos onde nem sempre lhes é dado o tratamento adequado. Para além destes resíduos, muitos dos produtos que chegam ao mercado não chegam a ser comercializados, dando origem a um número elevado de restos de produtos hortofrutícolas que muitas vezes se encontram em bom estado para consumo.

As estatísticas da FAO estimam que a quantidade de restos de produções agrícolas no mundo origina 36 milhões de toneladas de nutrientes, sendo que os continentes que mais contribuem são o continente asiático com 45,5%, a América do Sul com 11% e a Europa com 9%. No caso de resíduos orgânicos resultantes da atividade pecuária (efluentes), a FAO estima que no mundo é excretada uma quantidade total de azoto de 123 milhões de Ton, sendo a Ásia o principal contribuidor, seguindo-se o continente africano e a América do Sul (FAOSTAT, 2016). Estes três continentes também apresentam um valor mais elevado na quantidade de excrementos que não sofreram qualquer tratamento, ao contrário da Europa, América do Norte e Oceânia, nos quais esse valor é inferior a 5%. A ausência de tratamento, mais pronunciada em continentes com maior incidência de países em desenvolvimento, deve-se muitas vezes a sistemas

ineficientes de coleção de resíduos orgânicos, e à falta de incentivo económico para o processamento dos mesmos, o que conduz a condições de mau saneamento em certas aldeias e cidades. Muitas vezes, resultado de falta de alternativas, efluentes humanos e animais são colocados nas ruas. Estes depósitos de matéria orgânica podem ser uma grande fonte de agentes patogénicos transmitidos por insetos e roedores para além de provocarem um odor nauseabundo (C. Lalander et al. 2013). A utilização de insetos como bioconvertedores de restos de produção, subprodutos e efluentes pode ser executada com pouco investimento, dada a pouca exigência em infraestruturas e custos de manutenção. Adicionalmente, um sistema renovado de tratamento de restos/subprodutos e resíduos orgânicos com a utilização de insetos, que têm a capacidade de dar origem a alimento para animais e biodiesel, respetivamente, pode principiar a formação de novas cadeias de valor e promover o potencial económico dos países em desenvolvimento assim como uma economia mais circular, beneficiando o ambiente e a economia local.

Estima-se que a produção animal é responsável por 64% das emissões totais de amoníaco. A maior fonte de libertação deste gás deriva de fermentações bacterianas do ácido úrico da excreta avícola e da ureia das fezes dos mamíferos (Steinfeld *et al.* 2006). O excesso de nutrientes presentes nos resíduos que não foram sujeitos a qualquer tratamento, para além de contribuírem para as emissões de gases com efeito de estufa, podem lixiviar para massas de água, causando eutrofização das mesmas, contaminar solos agrícolas ou potenciar a propagação de doenças (Sharpley *et al.*, 1994; Lalander *et al.* 2013). A quantidade de subprodutos e restos orgânicos é avaliada em 30% da produção total de resíduos orgânicos, voltando apenas uma pequena porção destes nutrientes à cadeia alimentar, é importante ter uma preocupação acrescida ao ciclo do azoto e do fósforo, uma vez que estes garantem as condições para sustentar a vida humana no futuro do planeta (Cordell *et al.* 2009; Rockström *et al.* 2009). O modo como tratamos os resíduos orgânicos, e como se pode vir a beneficiar dos mesmos economicamente, é um desafio no qual os insetos podem vir a ter um papel importante.

2.3. Principais fontes proteicas

O aumento de procura de POA no futuro irá induzir grandes pressões na produção pecuária. Se não se apresentarem novos métodos para nutrição animal, mais eficientes, vai ser necessário um aumento de área de terra arável, quer para manter estes animais, quer para aumentar o cultivo MP, que dá origem a rações. Esta necessidade de um aumento de área de terra arável gera grandes dificuldades na gestão e consumo de produtos agrícolas por humanos e animais para além de gerar importantes impactos

ambientais (desflorestação, contaminação de aquíferos, degradação de terras, entre outros) (Mottet et al. 2017).

Tradicionalmente, a atividade pecuária era subsistida por fontes alimentares disponíveis localmente como subprodutos e restos de produção que não teriam qualquer valor como alimento para humanos. Contrariamente, em 2006, cerca de 4% da área da terra estava destinada à produção agrícola para o subsequente uso como MP em rações, sendo este valor equivalente a 33% da colheita agrícola global. Assim, com a intensificação da produção animal, esta vai depender cada vez menos de recursos alimentares locais e aumentar o uso de MP e concentrados comercializados internacionalmente, aumentando a pegada ecológica associada ao transporte intercontinental (Steinfeld et al. 2006).

As principais fontes proteicas atuais, e de uso regular na alimentação animal, são a soja e a farinha de peixe (especialmente no caso da aquacultura, e em menor escala em monogástricos), uma vez que apresentam valores muito satisfatórios de quantidade de proteína. No entanto, o cultivo e aquisição destes produtos a uma escala maior que a atual, que teria de acontecer como resultado do aumento da atividade no setor pecuário no futuro, são consideradas altamente insustentáveis quando avaliando o seu ciclo de produção atual. No início do século XXI foi estimado que cerca de 85% da soja produzida anualmente era convertida em bagaço e óleo de soja os quais, aproximadamente 97%, eram processados como alimento para animais. O bagaço de soja pode ser considerado não comestível por humanos, mas deriva de um produto edível, a soja, que poderia ser convertida em tofu ou leite de soja, entre outros alimentos derivados da soja (que começam a ganhar expressão no mercado vegan e de intolerância à lactose). Assim, além do impacto da sua produção, o processamento das MP em alimento para animais entra em competição direta com a cadeia alimentar humana (Soyatech, 2003; Mottet *et al.* 2017).

De acordo com a FAOSTAT, 2016, o cultivo de soja foi responsável pela ocupação de mais de 121 milhões de hectares a nível mundial (o equivalente à área da África do Sul), estando esta produção especialmente concentrada na América do Sul, com quase metade da área mundial de produção de soja, e na América do Norte e Ásia em menor escala (Figura 1). Apesar de ser um grande utilizador de terra arável, o bagaço de soja representa apenas 5% do consumo global de produtos agrícolas por parte de animais de produção. Tal ocorre, porque esta fonte proteica é utilizada como uma suplementação da dieta constituída, maioritariamente, por outras MP, dado ter elevada digestibilidade e teor energético (Kierończyk et al. 2018).

A competição por alimento torna-se mais grave no caso dos sistemas de produção de monogástricos, onde estes consomem menos quantidade de alimento quando comparados com ruminantes (que utilizam a pastagem), mas maiores quantidades de MP também edível por humanos (como cereais e soja) por unidade de produto. Os constituintes mais frequentes das rações são maioritariamente cereais (como fonte energética) que necessitam da adição de proteína (adequada) como bagaços de oleaginosas, farinha de peixe ou alguns aminoácidos essenciais (Sánchez-muros *et al.* 2014). Parte desta intensificação na produção da soja resulta da proibição da utilização

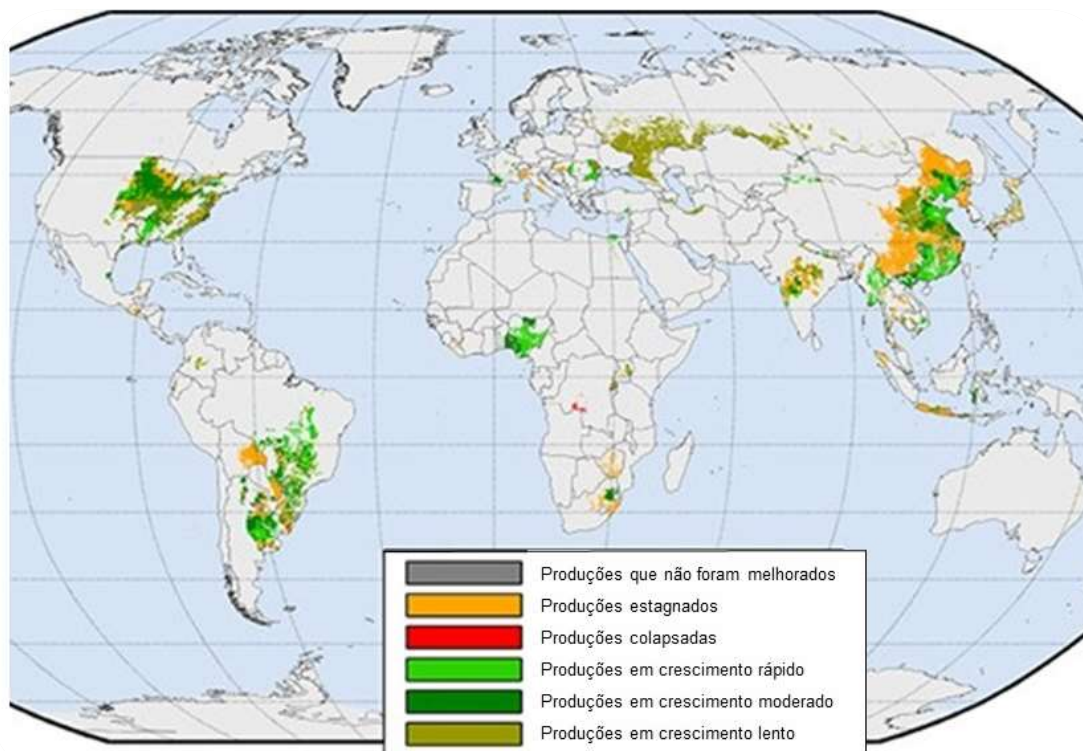


Figura 1 - Produção de soja no mundo. Adaptado de washingtonpost.com (2012).

de produtos de origem animal nas rações (farinha de carne e sangue) e um aumento de preço da farinha de peixe. Este aumento é consequente a uma procura elevada por farinha de peixe resultante do aumento de investimentos na área da aquacultura. A aquacultura é muito dependente em farinha e óleo de peixe e o seu consumo passou de 8% em 1988 para 45% em 2005, apesar dos esforços para redução da proporção utilizada nas rações para peixes (Steinfeld *et al.* 2006). Assim, a farinha de peixe, que tem origem em restos resultantes do processamento do pescado (cabeças, vísceras e espinhas) e na captura de peixe selvagem, nomeadamente de espécies sem interesse comercial, pode causar grandes pressões nas populações de peixes, assim como na cadeia trófica e ecologia marinha (Diener *et al.* 2009).

Para além de grandes impactos ambientais, consequência da rápida expansão na procura por bagaços de soja e farinha de peixe, os preços destes produtos irão

aumentar, originando um aumento no preço da carne. A FAO (2010) estima que, em 2050, estes valores serão 30% superiores aos registados em 2000. O mesmo poderá acontecer ao preço do peixe de aquacultura.

Deste modo, é necessária uma procura por fontes proteicas alternativas, onde os insetos parecem poder desempenhar uma função essencial.

2.4. Utilização de insetos como fonte nutricional alternativa

As dificuldades de alimentar um planeta cuja população continua a crescer e onde os recursos são cada vez mais escassos vão potenciar alterações nos hábitos alimentares dos humanos e no setor agroalimentar. Surge a questão de como aliviar a pressão a que o planeta se encontrará sujeito. Os insetos, sendo ricos em proteína altamente digestível (entre 77 e 98%) e gordura e pobres em carboidratos, podem contribuir como um novo recurso alimentar a ser explorado, seja para alimentação animal ou humana, com mais ênfase nos países ocidentais, uma vez que em vários países asiáticos e africanos já são consumidos de uma forma recorrente, quer por captura no estado selvagem ou por criação (Ramos-elorduy et al. 1997; Van Huis et al. 2013).

2.4.1. A produção de insetos e a produção pecuária

Os sistemas de produção pecuária são muito exigentes em MP e em área ocupada. Para além de esgotarem muitos recursos, o sector pecuário é responsável por 9% do total de emissões de gases de estufa antropogénicas, entre os outros sectores que contribuem para mais emissões (energia, industria, transportes, desflorestação, etc) (Steinfeld et al. 2006).

Tradicionalmente a maioria dos esforços era concentrada em aumentar a produtividade por animal e/ou por hectare. Agora o objetivo mudou em direção a uma intensificação sustentável, isto é, redução de impactos por unidade de POA gerado. É de conhecimento geral que a redução de resíduos poderá desempenhar um papel importante. No entanto, no início do século XXI, a investigação no setor pecuário e ambiental foi caracterizada por se focar no desenvolvimento de métodos cada vez mais desagregados e sofisticados para avaliar diferentes tipos de impactos ambientais (clima, água, ciclo de nutrientes, biodiversidade, degradação de terras, deflorestação, entre outros) e um foco em examinar o potencial técnico de muitas opções para reduzir a pegada ecológica do sector pecuário (Herrero et al. 2015). Como já se referiu, em resultado do aumento da procura de POA, haverá um grande impacto no sistema global de comida e no uso da terra arável. Cria-se assim a necessidade maior de informar os

legisladores e consumidores sobre o uso de MP em rações e a sua eficiência no setor pecuário (Capper 2013). A aceitação do uso de insetos na alimentação quer de animais quer de humanos vai depender da capacidade económica e da consciência ambiental de cada cidadão, tendo a produção de insetos em massa grandes capacidades para aliviar os impactos destes setores.

Globalmente a produção animal ocupa 3,9 milhões de hectares de terra que é o equivalente a aproximadamente 80% de toda a terra utilizada para fins agrícolas (Herrero et al. 2015). A qualidade da terra e a intensidade a que é cultivada variam enormemente, sendo a maioria utilizada por sistemas extensivos de pastagem para ruminantes. Estes habitats, apesar de promoverem biodiversidade, contribuem muito pouco para o fornecimento de comida humana global, menos de 1% da sua energia edível. Em comparação, a utilização de espaço por insetos é extremamente menor podendo ser criados tanto em espaço rural, como urbanizado (pouca infraestrutura envolvida), são de fácil manejo e manuseamento e possuem modos de produção versáteis (sistemas muito ou pouco automatizados podendo envolver maior ou menor nível de tecnologia). Adicionalmente, os insetos apresentam inúmeras vantagens quando comparados com as espécies zootécnicas comuns, tais como: uma taxa de reprodução mais elevada; maior eficiência na conversão de alimento; menos necessidades hídricas; baixo nível de emissões de gases de efeito de estufa; facilidade no transporte e, dada a elevada distância filogenética, há uma ameaça menor no desenvolvimento de patogénicos que possam vir a afetar a saúde humana e animal (Van Huis et al. 2013).

A baixa eficiência de reposição de produto por parte dos ruminantes dá-se, em grande parte, devido à baixa taxa reprodutiva: em média são uma a duas crias por ano. No caso dos monogástricos, a taxa de reprodução é mais elevada, podendo uma porca gerar entre 20 a 25 leitões por ano e uma galinha, mais de 100 pintos por ano. Tendo em conta estes valores, é necessário haver um maior número de fêmeas ruminantes para ter o mesmo *output* de carne, quando comparado com os monogástricos, sendo requerido um gasto de ração bastante superior em animais adultos para as carnes bovinas e ovinas. Adicionalmente, o potencial de crescimento relativo ao peso é menor para ruminantes (bovinos e ovinos) do que para monogástricos (porcos e as aves). No caso da eficiência alimentar isto é uma desvantagem pois, devido ao ritmo de crescimento lento, uma maior porção energética de ração está a ser utilizada para manutenção do metabolismo e não em crescimento (Herrero *et al.* 2015).

Apesar dos monogástricos apresentarem algumas vantagens em comparação com os ruminantes, evidenciam uma desvantagem em relação ao tipo de MP que consomem, uma vez que, como já foi referido anteriormente, ingerem grandes quantidades de comida que também pode ser utilizada por humanos (principalmente cereais como milho e trigo). No que respeita a MP empregues nas rações para animais que poderiam ser ingeridas por humanos, a produção pecuária consome 77 milhões de toneladas de proteína, fornecendo apenas 58 milhões de toneladas de proteína nos POA derivados da sua produção (Steinfeld *et al.* 2006).

Os insetos, sendo animais poiquilotérmicos, não utilizam o seu metabolismo para regular a temperatura corporal dentro dos limites, ao contrário dos animais homeotérmicos (mamíferos e aves). Devido a esta particularidade é esperado que as conversões de alimento sejam mais eficientes nestes animais. Referente à produção de dióxido de carbono, esta depende da espécie, do estado de desenvolvimento, da temperatura, do estado de alimentação e do nível de atividade. Um estudo indica que os insetos serão uma fonte proteica alternativa para produção animal mais amiga do ambiente na perspetiva de emissões de amoníaco e de outros gases que contribuem para o efeito de estufa (van Huis e Oonincx 2017; Oonincx *et al.* 2010).

A literatura, por vezes, evidencia a suposta eficiência dos suínos e aves em converter ração em carne. Contudo, alguns estudos não têm em conta a grande quantidade de ração que é consumida sob a forma de grão comestível por humanos e o uso de terra apropriada para produção de MP que são empregues em monogástricos. Na Figura 2 estão representados, em proporção, os recursos necessários fornecer aos animais com interesse zootécnico mais comum e a duas espécies de insetos, de modo a obter 1 kg de produto final.

Muitos insetos apresentam hábitos alimentares detritívoros, consumindo grandes quantidades de matéria orgânica que pode ser apresentada sob a forma de restos e subprodutos agrícolas e municipais (Diener *et al.* 2011). A reciclagem de matéria orgânica também se pode apresentar como efluentes onde os insetos desempenham uma grande função. Para além de haver uma reciclagem dos nutrientes que iriam ser, em grande parte, perdidos, há uma inibição das emissões de gases amónia que era resultante de fermentações bacterianas presentes em estrumes, sendo estes responsáveis por 40% das emissões totais de metano antropogénicas (Steinfeld *et al.* 2006). É preciso ter em conta que os insetos alimentados com efluentes nunca poderiam servir de alimento, quer para humanos ou animais, devidos aos possíveis arrastamentos

e contaminações com metais pesados, podendo o óleo destes insetos ser utilizados como biodiesel.

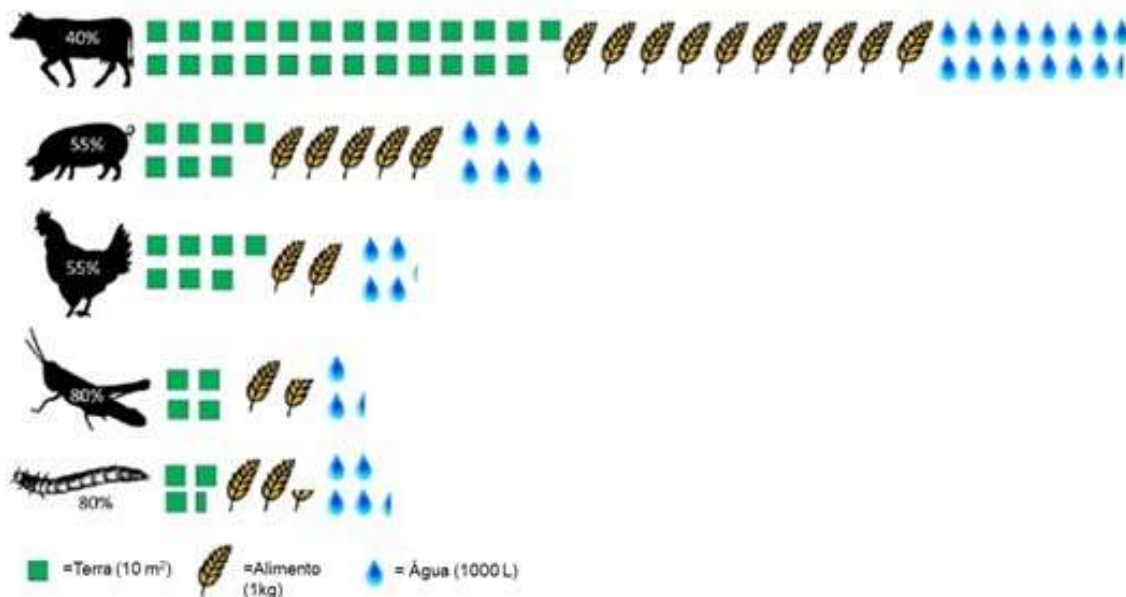


Figura 2 - Representação esquemática representativa das necessidades produtivas referentes às espécies pecuárias, vaca, porco e galinha doméstica, e insetos, gafanhotos e tenébrio, e a correspondente percentagem de quantidade de animal comestível (Dobermann et al. 2017).

Presentemente, as farinhas de insetos, obtidas através de diferentes espécies, apresentam valores económicos bastante elevados, não chegando a competir economicamente com as outras fontes proteicas de uso regular como a soja. Tal ocorre devido a uma produção industrial pouco consistente, especialmente na Europa, conseqüente do regulamento EC 999/2001 que proíbe o uso de proteínas animais processadas em alimentos para animais (Cutrignelli et al. 2018). No entanto, é esperado que em 2019 esta legislação mude, tornando-se mais permissiva em relação à utilização de proteína animal de insetos (de espécies específicas) que já demonstraram bons resultados na suplementação nutritiva de monogástricos. Assim, pode-se esperar que num futuro próximo se desenvolva um setor de produção de insetos em massa, diminuindo o valor atual destas farinhas, tornando-se uma MP mais apelativa aos produtores de animais.

2.4.2. Composição nutritiva dos insetos com maior potencial

Após uma avaliação sobre as várias espécies de insetos consumidos em todo o mundo, a FAO, em 2013, apresentou as espécies que tinham melhores competências para ser utilizadas como MP em alimentos para animais: o bicho-da-seda (*Bombyx mori* L. 1758), a mosca doméstica comum (*Musca domestica* L. 1758), o tenébrio (*Tenebrio molitor* L.

1758) e a mosca-soldado-negra (BSF). Apontaram também os gafanhotos e as térmitas como viáveis, mas em menor extensão (Van Huis et al. 2013).

Grande parte dos estudos nesta área tem-se focado na mosca doméstica comum, no tenébrio (TM) e na BSF. O produto final procurado em cada uma das espécies difere com o estado do ciclo de vida que é mais proveitoso em termos nutritivos. No caso da mosca doméstica, o autor optou por analisar os valores nutricionais no estado adulto apesar das larvas e pré-pupas também apresentarem valores satisfatórios. No caso da BSF e do TM são as larvas que exibem elevados teores proteicos e uma fonte rica em gorduras para além de conterem quantidades substanciais de vitaminas do complexo B (Finke 2013; Van Huis et al. 2013).

Finke, em 2013, comparou estas três espécies do ponto de vista nutricional cujos resultados podem ser observados nos seguintes Quadros (1, 2, 3 e 4).

Quadro 1 - Composição nutricional das espécies BSF, TB e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado a partir de Finke (2013).

	Mosca-soldado-negra (larva)	Tenébrio (larva)	Mosca Doméstica (adulto)
<i>Peso (mg/inseto)</i>	82	392	8
<i>Humidade (% produto)</i>	61,2	60,2	74,8
<i>PB (% MS)</i>	45,1	38,9	67,5
<i>GB (% MS)</i>	36,1	77,7	4,89
<i>NDF (% MS)</i>	2,1	18,5	2,6
<i>ADF (% MS)</i>	9,8	6,5	12,3
<i>ADL (% MS)</i>	7,7	3,5	9,3
<i>Cinza (% MS)</i>	9,0	2,0	5,8
<i>Energia metabolizável (kcal /kg)</i>	1,994	2,977	918
<i>Energia metabolizável (cal / inseto)</i>	163	1,166	7

Estes resultados são similares aos presentes na literatura apesar de vários autores afirmarem que podem existir variações, especialmente, nos teores de proteína, gordura e humidade conforme o substrato onde se desenvolvem (Dobermann *et al* 2017; Jucker *et al.* 2017; Makkar *et al.* 2014; Tschirner and Simon 2015). Para além disso, estes valores variam também com os estados de desenvolvimento, altura do ano e conteúdo digestivo (Nowak *et al.* 2016).

Quadro 2 - Composição mineral das espécies BSF, TB e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado a partir de Finke (2013).

Minerais (g/kg)	Mosca-soldado-negra (larva)	Tenébrio (larva)	Mosca Doméstica (adulto)
<i>Cálcio</i>	2,41	0,03	0,26
<i>Fósforo</i>	0,92	0,57	1,27
<i>Magnésio</i>	0,45	0,07	0,28
<i>Sódio</i>	0,23	<0,05	0,46
<i>Potássio</i>	1,17	0,65	1,04
<i>Cloro</i>	0,3	0,30	0,60
<i>Ferro</i>	0,02	0,004	0,043
<i>Zinco</i>	0,014	0,009	0,03
<i>Cobre</i>	0,001	0,007	0,004
<i>Manganês</i>	0,016	0,002	0,009
<i>Iodo</i>	<0,001	<0,001	<0,001
<i>Selénio</i>	<0,001	<0,001	<0,001

Loponte *et al.* (2017) reparou que ambas as farinhas (de TM e de BSF) demonstraram várias diferenças quando comparadas com o bagaço de soja. Entre elas, um teor de proteína mais elevado (+19,65 e +41,24%, respetivamente) com a gordura a ser particularmente elevada nos TM (21,57%). O TM demonstrou ser mais eficaz que a BSF no que respeita à performance zootécnica dado a seu valor reduzido de índice de conversão.

Quadro 3 - Perfil de Aminoácidos das espécies BSF, escaravelho da farinha e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado de Finke (2013).

Aminoácidos (g /%MS)	Mosca-soldado-negra (larva)	Tenébrio (larva)	Mosca Doméstica (adulto)
<i>Alanina</i>	3,14	2,18	4,01
<i>Arginina</i>	3,17	2,94	4,14
<i>Ácido Aspártico</i>	4,25	3,24	5,58
<i>Cisteína</i>	0,26	0,22	0,48
<i>Glicina</i>	2,36	1,64	2,89
<i>Ácido Glutâmico</i>	5,08	4,12	7,23
<i>Histidina</i>	1,53	1,03	1,96
<i>Isoleucina</i>	1,96	1,64	2,79
<i>Leucina</i>	3,12	2,54	4,25
<i>Lisina</i>	3,07	2,19	4,32
<i>Metionina</i>	0,87	0,63	2,00
<i>Fenilalanina</i>	1,95	1,37	2,71
<i>Prolina</i>	2,63	2,39	2,86
<i>Serina</i>	1,81	1,98	2,39
<i>Treonina</i>	1,76	1,44	2,58
<i>Triptofano</i>	0,77	0,39	0,82
<i>Tirosina</i>	3,12	2,00	3,17
<i>Valina</i>	3,32	2,44	3,77
<i>Taurina</i>	<0,1	0,10	0,54
<i>Met + Cisteína</i>	1,13	0,84	2,48
<i>Fenilalanina + Tirosina</i>	5,07	3,37	5,88
<i>Recuperação da proteína</i>	98,0 %	93,5%	86,7%

De acordo com o seu estudo, De Marco *et al.* (2015) afirmou que ambos os insetos (TM e BSF) são bons fornecedores de aminoácidos (AA), ricos em metionina e lisina (MET e LYS, respetivamente), ao contrário dos ingredientes provenientes de plantas que são mais deficitárias neste campo.

Quadro 4 - Perfil de Ácidos Gordos das espécies BSF, escaravelho da farinha (TM) e mosca comum numa fase de ciclo de vida (larva ou adulto). Adaptado de Finke (2013).

Ácidos Gordos (g /% MS)	Mosca-soldado-negra (larva)	Tenébrio (larva)	Mosca Doméstica (adulto)
Cáprico 10:0	0,18	<0,03	<0,01
Laúrico 12:0	13,20	0,23	0,01
Mirístico 14:0	3,09	0,24	0,11
Miristicoleico 14:1	0,13	0,05	0,01
Pentadecanóico 15:0	0,03	<0,03	0,06
Palmítico 16:0	4,15	17,41	1,27
Palmitoléico 16:1	1,28	3,69	0,67
Heptadecenóico 17:0	0,05	<0,03	0,03
Heptadecenóico 17:1	<0,02	<0,03	<0,01
Esteárico 18:0	0,63	0,55	0,14
Óleico 18:0	4,02	37,44	0,99
Linoléico 18:2	4,36	1,76	1,42
Linolênico 18:3	0,17	0,11	0,15
Araquídico 20:0	0,04	0,06	0,01
Eicosanóico 20:1	<0,02	0,05	0,00
Eicosadienóico 20:2	<0,03	<0,03	0,01
Araquidônico 20:4	<0,02	<0,03	0,01
Behênico 22:0	0,02	<0,03	0,01
Gordura recuperada	96,1%	83,3%	83,5%

Sauvant *et al.* (2004) acrescenta que TM apresenta valores mais elevados de proteína bruta (PB) que o bagaço de soja, aproximando-se dos valores de farinha de carne tendo o benefício de conter elevado teor de gordura. Assim, fortalece-se a ideia de utilização de farinha de inseto como fonte proteica e energética quer para alimentação animal quer humana.

2.5. A mosca-soldado-negra, *Hermetia illucens*

2.5.1. Descrição e Ciclo de vida

A BSF, *Hermetia illucens* (L. 1758), é um díptero da família *Stratiomyidae*. Trata-se de um inseto holometabólico, apresentando quatro estados de desenvolvimento: o ovo, a larva, a pupa e o adulto. Em regiões fora dos trópicos pode ter até três gerações por ano, desde o fim da primavera até ao início do outono. A reprodução nos trópicos ocorre

durante todo o ano dado o clima regular destas áreas e de ser o habitat natural da espécie (D Craig Sheppard et al. 1994).

Os ovos apresentam uma forma ovoide alongada com uma coloração branca-leitosa a amarelado e normalmente são colocados em frestas ou locais escondidos perto do alimento de modo a evitar a predação antes da eclosão (Barros 2017; Liu *et al.* 2017).

As larvas de BSF geralmente possuem seis instares (Oliveira-Costa, 2011) e podem medir até três centímetros de comprimento, possuindo 11 segmentos no corpo com cerdas conspícuas (evidentes na fotografia direita da Figura 3)(Sanfelice et al. 2010). São detritívoras e, normalmente, encontram-se em matéria orgânica em decomposição como frutas, legumes, cadáveres ou excreta animal. As larvas são vorazes e participam na reciclagem de matéria orgânica, sendo capazes de transformar grandes quantidades de resíduos em biomassa animal. Podem reduzir a poluição vegetal e animal até 50% e também bloquear agentes patogênicos presentes em resíduos contaminados (Diener *et al.* 2011; Van Huis *et al.* 2013; Makkar *et al.* 2014; Liu *et al.* 2017). Estudos também apresentam uma redução da presença de mosca doméstica em locais com grandes densidades de larvas BSF presentes (D Craig Sheppard et al. 1994). A redução de incidência de mosca doméstica, especialmente em países de terceiro mundo, poderá diminuir a dispersão de doenças onde esta espécie atua como agente vetor.



Figura 3 - Larvas de BSF em vários instares de desenvolvimento (esquerda). Larva na fase de pré-pupa; fotografia de Jonathan Tan com escala de 1 mm (direita).

O indivíduo adulto (imago), a mosca, apresenta coloração negra, tendo o segundo segmento abdominal transparente e exibe mimetismo com alguns grupos de Hymenopteras (Figuras 4 e 5). A fêmea adulta é, geralmente, maior que o macho. Não se interessa por alimentos frescos e possui uma armadura bucal vestigial que utiliza apenas para o consumo de água (Tomberlin and Sheppard 2001). Não foi reconhecido até à data qualquer sinal da espécie ser vetor de algum agente patogênico (Choi *et al.* 2009).



Figura 4 - BSF vista lateralmente. Escala de 1 mm.



Figura 5 - BSF no plano coronal. Fotografia por Maury Heiman.

O seu ciclo de vida, esquematizado na Figura 6, começa com a postura de aproximadamente 900 ovos, dois dias após a fêmea ser fecundada. Esta vai procurar colocar os ovos perto de matéria orgânica em decomposição com o intuito da descendência, após a eclosão, se alimentar. Os ovos vão eclodir ao final de três/quatro dias. Já no estado larvar, as larvas vão-se alimentar do aglomerado de matéria orgânica até passarem pelos vários instares de crescimento. Este processo pode durar de duas a quatro semanas dependendo das condições de temperatura e disponibilidade de alimento. No sexto e último instar do estado larvar a larva designa-se pré-pupa. Neste instar, cuja duração é aproximadamente de uma semana, ocorre uma diminuição da ingestão de alimento e de movimentos e, conseqüentemente, do metabolismo. A pré-pupa prepara-se para o estado seguinte esvaziando o intestino e assimilando melanina, que lhe confere uma cor acastanhada (Ushakova *et al.* 2017). Assim, migra da matéria orgânica onde se encontra em busca de um local seco para pupar. Durante duas semanas, no estado de pupa, ocorre uma grande quantidade de metamorfoses onde a larva se transforma em mosca. Ao fim desse tempo, se as condições atmosféricas forem boas ocorre emergência da mosca adulta, caso contrário, o estado de pupa pode prolongar-se durante vários meses até as condições se aproximarem das ideais. A mosca adulta vive até dez dias e começa a reproduzir-se aproximadamente dois dias após a emergência. Uma vez que a mosca adulta não se alimenta, vivendo exclusivamente das reservas que acumulou no estado larvar, este período de tempo vai ser usado somente para procurar parceiros, e se reproduzir, completando o ciclo (Barros 2017; Liu *et al.* 2017).



Figura 6 - Esquema do ciclo de vida da mosca-soldado-negra.

2.5.2. Distribuição e Produção

A espécie BSF foi inicialmente descrita por Lineu no século XVIII (1758). Nativa da região dos Neotrópicos (América Central e Sul), hoje encontra-se distribuída por todas as regiões zoográficas, resultado da sua dispersão através das zonas mais quentes do globo. Sendo uma espécie de mosca saprófaga, que se alimenta de detritos de matéria orgânica, esta mosca teve facilidade em adaptar-se à pressão antropogénica estabelecendo uma relação de sinantropia (relação ecológica de comensalismo com o Homem) (Liu *et al.* 2017). Apesar de se crer que as BSF foram inicialmente trazidas para a Europa há 500 anos, o primeiro registo na região paleártica foi no sul da Europa (Malta) em 1926. A dispersão subsequente decorreu ao longo de toda a costa do Mediterrâneo sendo a espécie avistada na costa de Espanha, França e Itália nos anos 1950 e 1960 (Marshall, E., e Hauser 2015). No século XXI já se encontra em todos os continentes havendo registos de ocorrência da espécie na Europa Central, América do Norte (exceto Canadá), algumas regiões costeiras do continente africano, Sudoeste Asiático, Nova Zelândia e Austrália. Nalguns destes locais a predominância da espécie é resultado da adoção de sistemas de produção de larvas.

2.5.3. Potenciais benefícios para o setor agronómico

2.5.3.1. Fonte nutricional

As larvas de BSF possuem valores nutricionais que podem ser muito vantajosos economicamente. Geralmente possuem uma grande quantidade de matéria seca (MS) 35 a 40%, atingindo o seu pico na fase inicial de pré-pupa (Liu *et al.* 2017). Salomone *et al.* (2016), a trabalhar com larvas que se desenvolveram em restos alimentícios, constatou que estas eram uma fonte de elevado valor nutricional dado serem ricas em proteína e gordura bruta (42% PB e 35% GB). É frequente apresentarem valores elevados de alguns aminoácidos essenciais (AAE) como em lisina (6 a 8% da PB), assim como minerais importantes ao bom desenvolvimento dos frangos de carne como cálcio (Ca) e fósforo (P) (5 a 8% da MS e 0,6 a 1,5% de MS, respetivamente) (Makkar *et al.* 2014).

De acordo com Liu *et al.* (2017) esta espécie pode conter até 54,8% de PB em larvas com apenas quatro dias sendo que os valores de PB mais elevados registados foram pós-morte da mosca adulta (57,6%). Para além desta informação, este estudo demonstrou que as concentrações de AAE eram mais elevadas numa fase inicial do desenvolvimento (4-6 dias) e ia diminuindo ao longo da maturação até estabilizar na fase de pré-pupa e pupa.

A concentração de AA varia com a quantidade de gordura presente nas larvas (De Marco *et al.* 2015). No Quadro 5 encontra-se um exemplo de um perfil de AA de BSF.

Quadro 5 - Composição de aminoácidos de larva de BSF em comparação com a literatura. Adaptado de Tschirner and Simon (2015).

	Teor de aminoácidos essenciais (em % de PB)					Teor de aminoácidos não essenciais (em % de PB)			
	Larvas BSF (controlo)	Larvas BSF (Literatura)	Farinha de peixe	Bagaço de soja		Larvas BSF (controlo)	Larvas BSF (Literatura)	Farinha de peixe	Bagaço de soja
<i>Arginina</i>	4,80	6,08	5,81	7,42	Ác. Aspártico	8,16	8,53	9,31	11,86
<i>Histina</i>	3,28	2,71	2,82	2,77	<i>Alanina</i>	7,84	6,93	6,31	4,38
<i>Isoleucina</i>	4,16	4,66	4,08	4,56	<i>Cisteína</i>	0,88	n,a,	0,91	1,51
<i>Leucina</i>	6,56	7,11	7,20	7,81	Ác. Glutâmico	11,84	8,67	12,87	18,04
<i>Lisina</i>	5,92	6,01	7,62	6,26	<i>Glicina</i>	5,60	5,23	6,82	4,38
<i>Metionina</i>	1,60	1,70	2,81	1,45	<i>Prolina</i>	6,24	5,48	4,43	5,18
<i>Fenilalanina</i>	3,60	4,59	3,99	5,26	<i>Serina</i>	4,32	3,85	3,96	5,18
<i>Treonina</i>	3,92	4,08	4,19	3,99	<i>Tirosina</i>	5,12	7,06	3,20	3,85
<i>Valina</i>	5,68	6,40	4,81	4,72					

No que diz respeito a AAE, de acordo com o estudo de Cullere et al. (2016) na LYS, MET, arginina (ARG) e histina (HIS), os teores são mais elevados em larvas das quais não foi retirada nenhuma gordura, aquando o caso de isoleucina (ISO), leucina (LEU), fenilalanina (FEN), treonina (TRE) e valina (VAL) a situação é inversa.

Adicionalmente, Elwert *et al.* (2010) e Sánchez-muros *et al.* (2014) sugerem que as larvas não desengorduradas são de qualidade equivalente à farinha de peixe convencional, apesar de, tanto a qualidade como a composição nutricional das pré-pupas depende, em grande parte, do substrato onde as larvas se desenvolvem. Noutro estudo, Surendra *et al.* (2016) obtiveram resultados onde as concentrações de LYS, MET, TRE, VAL, triptofano (TRY) e cistina (CYS), que tendencialmente são os AA limitantes nas rações animais (aves e suínos), foram mais elevadas na farinha de pré-pupas de BSF que no bagaço de soja. Alguns valores, LYS, MET, LEU e TRE, foram ligeiramente inferiores quando comparados, em concentração, com a farinha de peixe. Contudo, existe uma grande flutuação nos valores dos AA na literatura, provavelmente sequente da grande variedade de substratos utilizados para estudar o desenvolvimento larvar.

No que toca ao seu teor em gorduras, Liu *et al.* (2017) constataram que a GB aumentava gradualmente no estado de larva até atingir os 28% na larva matura (com 14 dias) e fase de pré-pupa. No entanto, este valor reduzia de um modo significativo no estado de pupa. Esta redução resulta da dissociação de gorduras corporais e gasto de energia para a metamorfose. O estudo concluiu que o momento do ciclo de vida em que os valores absolutos de PB e GB são mais elevados é na fase inicial de pré-pupa e, juntamente com as larvas maduras, estas apresentam maiores benefícios para a utilização como MP no fabrico de rações.

Outros estudos podem indicar valores diferentes, garantindo que o conteúdo de proteína e gordura presente na farinha de larva de BSF vai depender do substrato onde esta se desenvolveu. Tschirner e Simon (2015) realizaram um estudo com o intuito de compreender melhor a influência do substrato no desenvolvimento das larvas de BSF. As larvas foram criadas em três substratos: restos de cereais, resíduos de produtos de destilaria e polpa de beterraba. As larvas que apresentavam maior teor de PB pertenciam ao substrato da beterraba (52,3%). Contudo, o aspeto nutricional que apresentou maior variação entre os substratos foi o teor de cinzas. Todos os substratos revelaram grandes deficiências de fósforo. Uma vez que as proporções de fósforo podem desempenhar um papel importante na formulação de rações, poderá tornar-se

mais difícil a competição de larvas BSF com farinhas de peixe, cujo teor de fósforo é bastante elevado (cerca de 18g/Kg). Apesar de todas as considerações, destacaram que as condições de produção ainda têm muito para melhorar, especialmente no que toca à taxa de sobrevivência das larvas. É também importante a monitorização das larvas e dos substratos onde estas possam ser produzidas, dado a possível acumulação de metais pesados (Diener, S. *et al.* 2011; Tschirner e Simon 2015).

Jucker *et al.* (2017) levaram a cabo um estudo cujo objetivo principal era avaliar a influência de diferentes vegetais e frutas como substrato para o desenvolvimento de *H. illucens*, de modo a entender o potencial das larvas em converter restos hortofrutícolas. O impacto de três dietas foi então avaliado com frutas (maçã, pera e laranja), vegetais (alface, feijão verde e couve) e, por último, uma mistura de 1:1 entre as frutas e os vegetais com todos os produtos utilizados enquanto frescos e triturados a 5mm. Observaram então que o tempo do estado larvar foi fortemente influenciado pelas dietas ($p < 0,001$). As larvas que cresceram no substrato misto foram as que se desenvolveram em menos dias, mas, conseqüentemente, tiveram valores de peso final menores quando comparados com os outros substratos (exceto no caso do peso das pupas, onde era o grupo experimental mais pesado). As larvas que cresceram no substrato de vegetais demoraram mais doze dias para se desenvolver, mas obtiveram o peso final mais elevado sendo esta duração superior ao indicado na literatura. Relativamente à taxa de sobrevivência total (de larvas a adultos), o substrato da fruta distanciou-se bastante dos outros com um valor de 86,89% contra 46% dos vegetais e 59,83% do substrato misto. Em relação ao valor nutricional, o substrato misto revelou conter maior teor de PB (18,5%, em % de MS) sendo os resultados significativamente diferentes. Por outro lado, o substrato da fruta foi o que apresentou maior teor em gorduras e, o de vegetais o menor, ficando o substrato misto entre estes dois resultados. Os resultados sugerem então que o substrato pode influenciar o desenvolvimento das larvas de BSF e a sua composição nutricional final. Assim, a seleção do substrato de modo a obter espécimes com determinado perfil nutricional aparenta ser viável, dependendo da estratégia utilizada e dos objetivos a atingir.

2.5.3.2. *Controlo de resíduos orgânicos*

As larvas das BSF, dado serem grandes devoradoras de matéria orgânica em decomposição, podem ser bastante úteis ao Homem no que diz respeito ao tratamento e reciclagem de subprodutos de produção, agroindustriais ou resíduos sólidos urbanos (RSU) e efluentes (Diener *et al.* 2011; Van Huis *et al.* 2013; Liu *et al.* 2017; Makkar *et al.* 2014). Desde produtos hortofrutícolas que sofrem o efeito de pragas ou doenças, calibres rejeitados pelo consumidor, ou resultados de destilarias de cereais e de

processamento de alimentos, cria-se a oportunidade de transformar o que antes era considerado lixo em biomassa animal, constituída por bons teores de proteína e gordura, que podem ser utilizados na alimentação animal ou produção de biocombustível, como pode ser observado no esquema da Figura 7 (Salomone *et al.* 2016; Li *et al.* 2011). Neste esquema, que se foca exclusivamente na extração do óleo das larvas (gordura), podemos acompanhar o ciclo de produção das larvas BSF, as suas aplicações e subprodutos. Após a produção das larvas nos resíduos, e estas atingirem o instar de pré-pupa, são separadas do composto (que pode ser vendido com corretor de solo) e secas em estufa a 60°C para posteriormente ser extraída a gordura. Esta extração pode ocorrer por prensagem mecânica ou química, com recurso a solventes orgânicos, como éter de petróleo, e a este podem-se dar várias utilizações, como alimento para animais e biodiesel (Surendra *et al.* 2016).

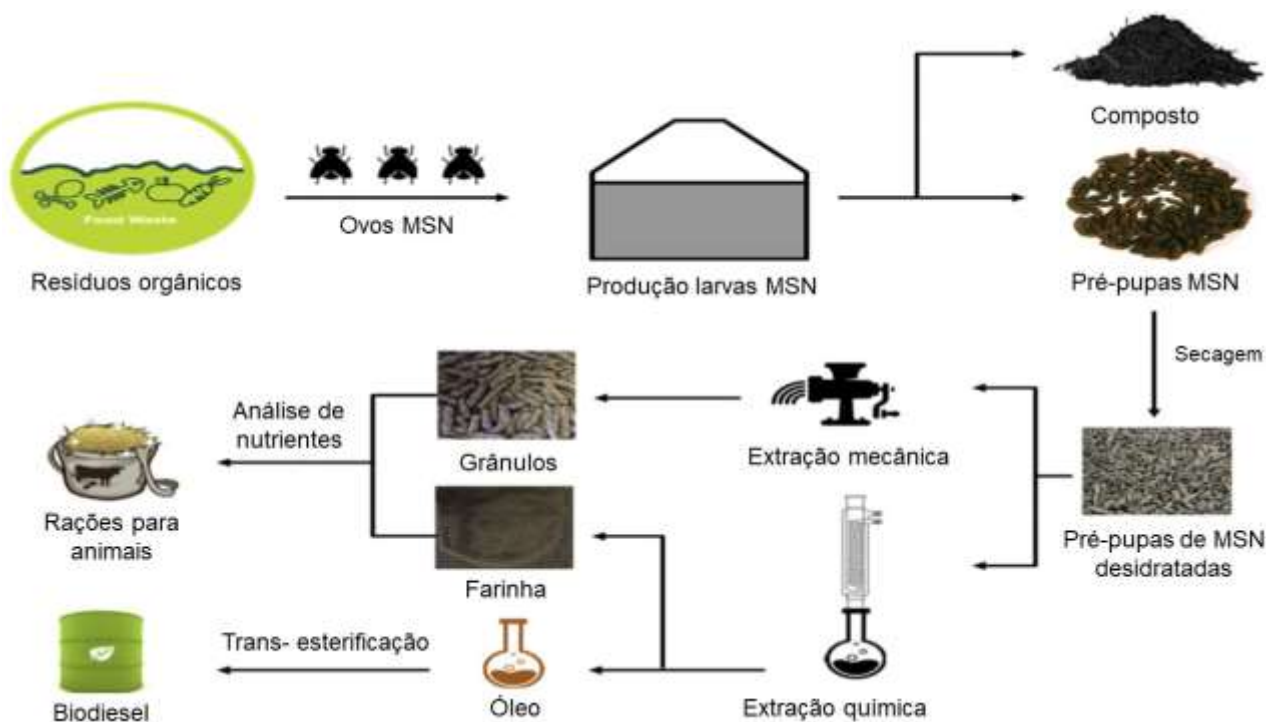


Figura 7 - Representação esquemática da conversão de resíduos em biocombustível ou alimento para animais (Adaptado de Surendra *et al.*, 2016).

Nguyen *et al.* (2015) questionaram se os efeitos dos diferentes resíduos poderiam influenciar a constituição das larvas e a sua capacidade de consumo. Concluíram que há um consumo mais elevado de frutas e vegetais, seguindo-se os restos de cozinha (mistura de restos orgânicos de restaurantes) e excrementos de porco, com 98,9%, 67,9% e 44% de matéria consumida, respetivamente. O crescimento larvar foi mais lento nos excrementos já que estes têm uma baixa quantidade de energia e gordura presentes. Os restos de cozinha, dado o seu elevado teor em gorduras e calorias, deram origem a larvas mais pesadas.

Adicionalmente, um estudo levado a cabo por Myers *et al.* (2008) relevou que larvas de BSF têm grande capacidade redutora de P e N, sendo a sua utilização promissora no desenvolvimento de sistemas de digestão de efluentes sustentável em infraestruturas de produção animal intensiva, contribuindo assim para a reciclagem de nutrientes essenciais ao desenvolvimento de vida na terra. Outra grande vantagem que a espécie apresenta é, caso não haja um fornecimento regular de restos e resíduos (escassez de alimento temporária), a larva prolonga o seu tempo de desenvolvimento através da diminuição da atividade metabólica (Barros 2017). Para além destas características, o composto formado pelas excreções das larvas pode ser utilizado como corretor de solo, sendo de qualidade equivalente a um fertilizante comercial (Diener *et al.* 2009). Num estudo realizado por Choi *et al.* (2009) não foram encontradas diferenças referentes à carga química nas análises de um produto comercial ou do composto gerado pelas larvas. Os autores afirmam também que este composto pode ser de uso imediato não sendo necessário sujeitá-lo a qualquer tratamento de biossegurança. Tal pode acontecer dada a capacidade aparente que as larvas possuem durante a digestão, onde estabilizam o resíduo, diminuindo a emissão de odores e o crescimento de bactérias e fungos e inativando agentes patogénicos, como *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, muitas vezes presentes nos resíduos e efluentes (Diener *et al.* 2009; Erickson *et al.* 2004; Lalander *et al.* 2013; Li *et al.* 2011).

Diener *et al.* (2009) chegaram à conclusão que as larvas apresentam uma melhor eficiência alimentar na redução de resíduos quando alimentadas 100 mg por dia/ por larva. Com esta quantidade de alimento fornecido, estimam que se conseguiria coletar 2,5 kg de larvas por m² e por ciclo de vida, assumindo que a densidade larvar é de 5 larvas/ cm². Banks *et al.* (2014) também exprimiu que a bioconversão (com a mesma quantidade fornecida/dia) ocorria com maior eficiência quando o resíduo orgânico eram fezes humanas (quando comparado com excrementos de animais de pecuária ou resíduos orgânicos municipais). No entanto, este estudo foi conduzido em pequena escala, não sendo previsível como se comportará a espécie quando sujeita à grande escala.

Zhou *et al.* (2013) obteve resultados entre 40 e 50% de redução de excrementos de suínos, de aves e de vacas leiteiras. A percentagem estimada de redução de excrementos de galinhas poedeiras obtida por Sheppard *et al.* (1994) foi de 50%, sendo o resíduo restante facilmente manuseado com maquinaria convencional. Myers *et al.* (2008) constataram que as larvas reduziram o teor de MS presente em fezes de vacas leiteiras em 58%.

Num estudo desempenhado por Li *et al.* (2011), entre os efluentes avaliados: de vaca, porco e galinha, o último grupo foi o que resultou em larvas com maior crescimento e maior percentagem de GB após a extração. Repararam também que as propriedades do biodiesel (como densidade e viscosidade), produzido à base de gordura de BSF, eram comparáveis aos do óleo de colza, e de acordo com o padrão europeu de biodiesel, EN14214. Este biodiesel apresenta pelo menos duas vantagens face ao biodiesel produzido a partir de óleos vegetais: primeiro, não compete com recursos alimentares ou uso de terra, beneficiando o ambiente através da reciclagem de restos e resíduos orgânicos em nutrientes para o crescimento de insetos e, segundo, apresenta um perfil de ácidos gordos que potencia um biodiesel de elevada qualidade (Li *et al.* 2011; Surendra *et al.* 2016).

A utilização de larvas de BSF como bioconvector de restos orgânicos e efluentes é bastante atrativa tanto de um ponto de vista ambiental, como económico, dado os potenciais subprodutos adjacentes a esta transformação. No entanto, no caso de produção de larvas em resíduos que contenham excesso de metais pesados ou vestígios de pesticidas, devem ser feitas análises regulares de modo a evitar contaminações no resto da cadeia - alimentar. Possivelmente, larvas resultantes de resíduos mais contaminados poderiam ser totalmente convertidas em biodiesel de modo a garantir elevada qualidade quando empregues em alimentação animal.

2.6. Requisitos alimentares de frangos de carne

Em avicultura os requisitos alimentares são uma peça fundamental ao bom desenvolvimento e uniformidade do bando, uma vez que o regime alimentar é fundamental ao crescimento rápido e saudável dos animais. No caso dos frangos de carne, como já foi referido anteriormente, os constituintes das rações são MP ricas em energia e proteína de modo a potenciar e sustentar o crescimento rápido. Quando os ingredientes são de baixa qualidade, os nutrientes não digeríveis têm de ser catabolizados e excretados pelo animal, gastando energia e criando stress metabólico (Aviagen 2014).

As rações são formuladas para garantir bons resultados zootécnicos. Deste modo, no parâmetro da proteína, deve ser tido primeiramente em conta a digestibilidade dos AA e não a sua densidade, uma vez que os níveis de AAE disponíveis à ave são críticos ao seu bom desenvolvimento. É preferível o uso de fontes proteicas de elevada qualidade já que uma proteína de má qualidade, ou em desequilíbrio, pode afetar negativamente os ganhos de crescimento do frango. Esse terá que consumir energia para degradar e excretar o excesso de azoto, que se poderá apresentar como excreta mais húmida. Esta

situação vai degradar muito as condições das camas dos animais aumentando a propensão para doenças nas patas. A diminuição de locomoção vai induzir um decréscimo no consumo de alimento e nos ganhos do animal comprometendo o crescimento. O consumo de alimento é por sua vez influenciado por outros fatores, como o tamanho da partícula e a temperatura elevada (Aviagen 2014).

Segundo Amerah et al. (2007), o tamanho e forma da partícula podem prejudicar o crescimento, uma vez que os frangos têm tendência para preferir comer partículas de maior dimensão e assim ingerirem apenas parte dos nutrientes requeridos. Este autor, e o manual de produção da estirpe ROSS, concordam que o maior consumo de alimento e eficiência alimentar é atingido através da alimentação do modo migalha (2-3 mm), mini-grânulo (3-7 mm) ou grânulos (5-8 mm) de acordo com a fase de crescimento em que se encontra o frango, inicial, crescimento ou acabamento, respetivamente. Garantem que o fornecimento de ração neste formato melhora o ganho de peso médio quando comparado com alimento farinado, dado a transformação que ocorre no amido, resultado das temperaturas do processo de granulação e a homogeneidade no consumo das MP presentes. Contrariamente, numa grande quantidade de partículas finas, valores abaixo de 0,6 mm devem ser evitados em todas as fases do desenvolvimento pois têm efeitos negativos na ingestão, ganho de peso e índice de conversão (IC). Uma dieta uniforme reduz o tempo de seleção de alimento, beneficiando a performance, uma vez que minimiza a energia gasta e reduz o calor gerado durante a alimentação (Aviagen 2014).

Por outro lado, a temperatura elevada também pode induzir grandes perdas de crescimento devido à redução de ingestão de alimento como prevenção ao aumento do calor corporal resultante do metabolismo. Donkoh (1989) avaliou o efeito da temperatura na resposta zootécnica e fisiológica e constatou que a redução no ganho de peso, consequente de elevadas temperaturas, na ordem dos 30-35°C, não poderia ser prevenida pelo ajuste total das concentrações de nutrientes.

O fornecimento de energia através de gordura em vez de carboidratos é benéfica, uma vez que os lípidos têm 9 kcal de energia por grama enquanto os carboidratos e as proteínas têm apenas 4 kcal de energia por grama. Para além de conter 2,25 vezes mais energia, os lípidos também são mais digeríveis, resultando em menos formação de calor. Em rações de fase inicial e crescimento, são aconselhadas elevadas percentagens de gorduras insaturadas (Aviagen 2014).

No que diz respeito aos minerais, o Ca e o P são os mais requeridos, influenciando o crescimento dos frangos, a eficiência alimentar, o desenvolvimento ósseo, com a

otimização da estruturação do esqueleto, a função nervosa e o sistema imunitário, sendo a proporção de Ca:P para um desenvolvimento ótimo 2:1. Outros elementos como Na, K e o cloro (Cl) são necessários para as funções metabólicas, no entanto, níveis excessivos induzem um aumento do consumo de água e conseqüentemente pior qualidade de excreta. Nos microminerais, o zinco (Zi) promove otimizações na troca de plumagem e no sistema imunitário, assim como uma melhoria na saúde das patas. A escassez de minerais pode afetar o consumo de alimento, o crescimento e o pH do sangue. Uma informação mais detalhada sobre os teores nutricionais exigidos pelos frangos pode ser consultada em anexo no ponto 8.3. (Aviagen 2014).

2.7. Ensaio de digestibilidade realizados com rações de farinha de inseto

No seguimento do aumento do interesse na produção de insetos para utilização em rações para animais, a investigação procura perceber a capacidade de digestão de insetos, especialmente pelos monogástricos: qual a espécie que melhor se adapta a cada sistema pecuário, qual a proporção ideal de substituição da fonte proteica comumente usada e qual o melhor modo de fornecer este alimento. Alguns dos seguintes trabalhos procuram substituir totalmente a soja nas rações para avicultura tanto com BSF como com outras espécies de insetos (Achille Schiavone, Marco, et al. 2017). Esta substituição pode passar pela utilização dos óleos extraídos das larvas em vez de óleo de soja ou por farinha de larvas desidratadas em vez de bagaço de soja, entre outras.

2.7.1. Aves

Entre outros trabalhos realizados com espécies avícolas de menor dimensão comercial, Loponte *et al.* (2017) avaliou o efeito de substituir 25 e 50% do bagaço de soja com farinha desengorduradas de larvas, tanto de TM como de BSF, em perdizes moura (*Alectoris barbara* (B. 1791)). Ambas as farinhas demonstraram várias diferenças quando comparadas com o bagaço de soja, como um teor de proteína mais elevado (+19,65% e +41,24%, respetivamente) com a gordura sendo particularmente elevada na farinha de TM (21,57%). Os pesos vivos finais das aves alimentadas com as farinhas de larvas foram mais elevados quando comparados com a de soja. Estes pesos finais mais elevados não resultaram de um maior consumo de alimento e, dado o comprimento do intestino delgado mais curto nas aves alimentadas com insetos, os autores sugerem que a utilização dos nutrientes seja mais eficaz nestes casos. Os autores também consideram que este resultado não foi afetado pela quantidade de quitina ingerida. O efeitos pré-bióticos das larvas (componentes como quitina) poderão diminuir a

necessidade de usar antibióticos nas rações, dado a sua capacidade de influenciar a atividade de determinadas bactérias (como *Escherichia coli* e *Salmonella* sp) (Geier *et al.* 2009; Patterson e Burkholder 2008). Assim, sugerem que os insetos apresentam potenciais efeitos benéficos nas perdzizes, podendo esta MP promover a resistência a doenças e melhorar a resposta imunológica (Griminger e Scanes em: Sturkie 1986).

Cullere *et al.* (2016) procurou avaliar como seria a performance e a digestibilidade e a preferência de codornizes, *Coturnix coturnix japonica* (L. 1758), quando alimentadas com BSF. Os níveis de substituição foram mais reduzidos que no estudo anterior, havendo três dietas: uma controlo (C), uma H1 com 10% de substituição de BSF (28,4% de substituição do óleo de soja e 16,1% do bagaço de soja) e uma terceira, H2, com 15% de substituição de BSF resultando em 100% substituição do óleo de soja e 24,8% do bagaço de soja. Os resultados demonstraram que, no caso do ensaio de performance, as diferenças não foram significativas entre os pesos das aves e os consumos de ração diários. No caso da escolha de dieta, se o *p-value* fosse ligeiramente menor poderia afirmar-se haver uma tendência pela dieta H2 ($p=0,06$), mas não muito acentuada (53,8% vs 44,1%). Em relação ao produto final, a carne, os resultados não apontavam para nenhuma diferença significativa nos vários tratamentos.

Por outro lado, nos estudos com galinhas poedeiras os resultados variam bastante, chegando a ser contraditórios. Agunbiade *et al.* (2007) repararam que uma substituição de 50% da farinha de peixe por farinha de TM não trazia efeitos adversos na produção de ovos e rigidez da casca, mas 100% de substituição já tinha como consequência um decréscimo na produção de ovos. Mais recentemente, Maurer *et al.* (2016) demonstram que uma inclusão 100% proteica proveniente de larvas de BSF, não afetou a produção de ovos, consumo de alimento e conversão alimentar. Noutra situação, com a mesma taxa de substituição de proteína por farinha de larva de BSF (100%), Cutrignelli *et al.* (2018) notaram que houve um efeito negativo no consumo de alimento e na digestibilidade dos nutrientes, em particular da proteína, reduzindo o peso final das aves.

2.7.2. Frangos de carne

No desenvolvimento das várias possibilidades de farinhas de insetos que podem ser alvo de estudo, o TM e a BSF têm tido especial atenção. Além destes, as larvas de mosca doméstica também demonstram algum potencial, por exemplo: num estudo com 10% de inclusão de larvas de mosca doméstica, os frangos desse tratamento apresentaram diferenças significativas referentes ao peso vivo e peso da carcaça, quantidade de músculo nas coxas e peitos quando comparados com a dieta controlo e outra dieta experimental com 10% de inclusão de farinha de peixe. Concluíram haver

uma grande influência do regime alimentar no desenvolvimento muscular dos frangos, tendo as dietas experimentais apresentado uma maior proporção de peitos e coxas por percentagem de peso de carcaça (E. Pieterse et al. 2014).

Relativamente ao uso do óleo de insetos na alimentação, Kierończyk *et al.* (2018), a trabalhar com óleos provenientes de TM, concluiu que, tendo em conta o perfil de ácidos gordos, estes óleos encontravam-se entre os óleos vegetais e os de origem animal. Este inseto revelou elevado teor de ácidos gordos saturados assim como concentrações elevadas de ácidos gordos mono e polinsaturados. Observaram que a introdução de óleo de inseto não teve qualquer efeito adverso no consumo de alimento. No entanto, o uso de farinha de larvas nos regimes alimentares retém grande parte da investigação criando uma pequena dualidade entre as duas espécies com mais potencial e qual o melhor modo de as empregar nas rações.

De Marco *et al.* (2015) procurou perceber, entre BSF e TM, qual produzia melhores resultados nutricionais para alimentar frangos de carne. Os animais foram alimentados com rações comerciais até ao 26.º dia e depois submetidos a uma de três dietas: uma controlo (com bagaço de soja), e outras duas, que resultavam da substituição de 25% da dieta basal pelas duas farinhas de inseto. As análises demonstraram que ambos os insetos são uma boa fonte proteica e de gordura. TM aproximou-se da PB da farinha de carne, sendo este valor superior à PB presente na soja, tendo, adicionalmente, um teor de gordura mais elevado. BSF apresentou valores de PB semelhantes a algumas plantas empregadas como fontes proteicas, como o girassol, favas e tremoço, valor ligeiramente menor ao documentado na bibliografia. No entanto, também apresenta um maior teor de GB quando comparados com as MP referidas. Os autores acredita que o substrato onde se desenvolveram as larvas (subprodutos de cereais) foi a principal fonte de influência desta variação. Apenas foram encontradas diferenças significativas para os coeficientes de digestibilidade aparente (com valores baixos, na generalidade) e na quantidade de GB mostrando-se BSF mais digestível que TM e com maior teor de gordura. No entanto, os autores concluem que os resultados médios da BSF para digestibilidade aparente, de AA indispensáveis e dispensáveis, foram mais baixos que os obtidos a partir do bagaço de soja e outras MP examinados por outros autores.

Schiavone *et al.* (2017) conduziram um ensaio onde 150 frangos ROSS 308 foram alimentados em bando durante 21 dias com três dietas em teste. As dietas em estudo eram controlo C, com óleo de soja, a dieta CH com 50% substituição por óleos provenientes de larvas de BSF e a dieta H que continha 100% de óleos provenientes de larvas de BSF. O consumo de ração nos primeiros 14 dias foi semelhante em todos os

grupos. Não houve diferenças entre as dietas nos resultados das análises de sangue, que parece demonstrar que esta fonte de alimentação não altera o estado de saúde do indivíduo. No entanto, o perfil de ácidos gordos e tamanho de peito foram negativamente influenciados pela inclusão de BSF. No mesmo trabalho, um grupo mais reduzido de frangos (15) foi submetido a duas semanas de ensaio de preferência onde os resultados demonstraram, através de um teste *t*, que não há relevância na preferência de escolha entre dietas H e C.

Moula *et al.* (2018) também procurou apurar qual a influência de adição de larvas BSF na dieta como ração de iniciação (dos 0-14 dias), adicionando 8% de larvas descongeladas na dieta experimental, misturadas com as outras MP. Os seus resultados, assim como os de outros estudos, demonstram que não existem grandes diferenças no ganho médio diário (GMD) nos dois grupos experimentais apesar de haver uma tendência para os frangos suplementados com larvas BSF terem melhores índices de conversão. Os autores também observaram que as populações de bactérias presentes na excreta dos frangos (grupo controlo), nomeadamente Bacillaceae e Rhodobacteraceae, diminuíram significativamente no grupo experimental (Elwert *et al.* 2010; Maurer *et al.* 2016; Schiavone *et al.* 2017). Tal pode ter acontecido como resultado das propriedades antimicrobianas existentes nas larvas BSF (Park *et al.* 2014). No entanto, muitos estudos evidenciam que a baixa inclusão das larvas na dieta, ou um substrato de crescimento geralmente pobre em nutrientes (estrume de cavalo) pode não gerar diferenças significativas (Diener *et al.* 2009; Jucker *et al.* 2017; Nguyen *et al.* 2015). Por outro lado, o modo de fornecimento da larva, descongelada sem qualquer processamento de secagem ou trituração, pode desencadear estímulos positivos dado a importância que as características físicas e visuais dos alimentos representam para a galinha doméstica (Chagneau *et al.* 2006). O fornecimento das larvas inteiras descongeladas pode ser mais atrativo dadas as dimensões e a preservação do gosto. Assim, é necessário executar mais estudos para apurar o nível de inclusão adequado para uma melhor performance avícola e o melhor método para fornecer este alimento aos frangos.

2.7.2.1. *Efeitos negativos ao crescimento*

Para além dos fatores anteriormente mencionados, como o excesso de temperatura e o tamanho da partícula, parecem existir algumas variáveis que podem influenciar a ingestão e ou o bom desenvolvimento do frango quando adicionados insetos à ração.

Apesar de vários estudos, ainda não foi apurada a eficiência de degradação da quitina, polissacarídeo presente no exosqueleto dos artrópodes (e na parede celular dos

fungos), por parte das aves. Apesar dos frangos produzirem a enzima quitinase no proventrículo e hepatocistos, a digestibilidade desta parece ser limitada (Hossain e Blair 2007). No entanto, os resultados não suportam que a sua introdução, através do fornecimento de farinha de larvas, acarrete efeitos adversos, sendo os resultados da digestibilidade de proteínas entre 0,45-0,50 nas dietas com introduções entre os 25 e 75g de quitina por kg de dieta, respetivamente. Quando testado o valor máximo de inclusão de quitina na dieta, 75g, a digestibilidade aparente da proteína da mesma diminuiu significativamente a comparar com a dieta controlo. Pensa-se que tal pode inibir a absorção de alguns nutrientes no intestino dado os indivíduos com quitina nas suas dietas apresentarem menos gordura corporal e uma reduzida presença de colesterol e triglicéridos no sangue, fígado e peitos. No entanto, os resultados de Schiavone *et al.* (2017) não são muito conclusivos uma vez que, em ambas as farinhas, o valor de quitina é muito inferior ao descrito na bibliografia.

Por outro lado, há uma evidência na literatura que aponta para que a alteração de odor e coloração nas rações onde foi adicionada farinha de inseto poderá diminuir a quantidade de alimento ingerido (Al-Sheraji *et al.* 2013; Marono *et al.* 2017; Veldkamp and Bosch 2015). Uma vez que a secagem e trituração, e o teor de gordura, podem influenciar tanto a composição nutricional como o sabor (Moula *et al.* 2017), estudos futuros deverão avaliar se estes novos estímulos sensoriais podem ter consequências ao nível da ingestão de alimento ou se, por outro lado, são benéficos e de fácil adaptação por parte dos animais.

3. Materiais e métodos

3.1. Produção BSF

Esta dissertação foi realizada em parceria com a EntoGreen, uma *start-up* que procura criar soluções mais sustentáveis para uma economia circular com a valorização de restos orgânicos e efluentes através da utilização da espécie mosca-soldado-negra. Encontrando-se sediada na Estação Zootécnica Nacional, atualmente polo de Santarém do INIAV (Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária), onde existe uma colónia de BSF desde 2015 cujo desenvolvimento e produção se encontra em constante progresso e melhoramento através da experimentação e alteração de variáveis e métodos de produção.

Neste local encontram-se todas as fases do ciclo de vida das moscas soldado-negro, desde os ovos aos adultos.

3.1.1. Modo de produção de larvas de mosca-soldado-negra

O ciclo de produção de larvas (Figura 8) começa pela recolha dos ovos, que as moscas fêmeas fecundadas depositam em dispositivos designados por dispositivos de reprodução. Os ovos são retirados destes dispositivos para um vidro de relógio com o auxílio de uma espátula. Esta manipulação deve ser executada com cuidado de modo a danificar o menor número de ovos viáveis possível. Após pesar a quantidade de ovos obtida é calculada, através de uma fórmula desenvolvida pela EntoGreen, a quantidade de substrato a utilizar e a humidade do mesmo. O substrato e os ovos são colocados numa unidade de produção (caixa plástica, 40x60x20 cm) dentro da maternidade.

Passada uma semana na maternidade, onde as temperaturas são ótimas para a eclosão, os ovos viáveis já eclodiram passando para o primeiro instar do estado larvar. As larvas são repartidas por um maior número de unidades de produção com mais quantidade de substrato e colocadas na sala de produção. As larvas vão desenvolver-se neste local durante 14 dias transpondo os vários instares larvares até atingir o tamanho ideal para utilização nos regimes alimentares.

3.1.2. Separação de larvas do substrato

A separação das larvas de mosca-soldado-negra do substrato onde se desenvolvem é feita com um recurso a uma peneira vertical vibratória (MCL1000, MCLEÇA, Leça da Palmeira, Matosinhos, PORTUGAL). Foram utilizados um total de três crivos com 3mm, 5mm e 7mm de diâmetro, permitindo assim separar as larvas do substrato digerido (com menos de 3mm) e do substrato aglutinado ou de outros objetos (com mais de 7mm). Para uma separação ideal o substrato deve encontrar-se o mais seco possível uma vez

que o excesso de humidade provoca a agregação do mesmo em grumos, dificultando a passagem pelo crivo. Esta peneira já se provou eficaz na separação de determinados substratos, como é o caso do alimento composto utilizado pela EntoGreen e de misturas de subprodutos com baixa humidade relativa.

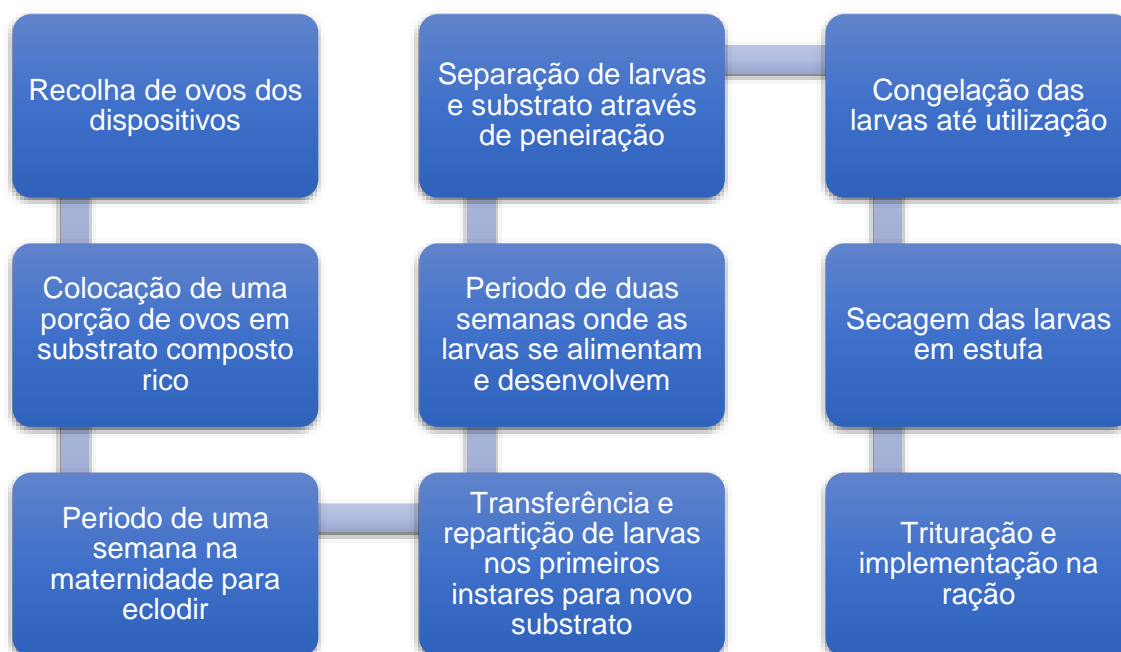


Figura 8 - Esquema do modo de produção de larvas.

3.2. Análise da digestibilidade das larvas e perfil de aminoácidos

No decorrer deste estudo houve a colaboração do Professor Doutor Adam Davis do Poultry Science Departement da University of Georgia, Estados Unidos da América. Neste laboratório foi analisado o perfil de AA das larvas, assim como a sua composição nutricional. Adicionalmente, foi executado um ensaio de digestibilidade com nove galos cectomizados de modo a analisar a energia metabolizável verdadeira com correção de azoto (EMV) da farinha de larvas como no procedimento descrito em Sibbald (1982). Esta análise, por utilizar galos cectomizados, vai permitir apurar o valor mais realista da energia das larvas, uma vez que não há a influência dos microrganismos presente no ceco para a formação dos ácidos gordos voláteis (AGV) resultantes da degradação de carboidratos.

3.3. Ensaio *in vivo*

3.3.1. Preparação do material, disposição das gaiolas e condicionamento ambiental

Este trabalho teve lugar num espaço cedido pelo INIAV de Santarém, onde, para a realização do ensaio, foram utilizadas um total de quatro baterias de gaiolas circulares (41,5x36,3x23,5 cm), cada uma capacidade para 12 animais. Estas gaiolas estão equipadas com comedouros, bebedouros e tabuleiros de fezes de latão, sendo estes últimos envolvidos num saco de plástico de modo a evitar contaminações na excreta por parte do material. Ao centro e acima de cada bateria de gaiolas, encontra-se uma luz infravermelho (IV) de 250 W que garante uma temperatura confortável nos primeiros dias de vida dos animais. As gaiolas encontravam-se em duas salas de dimensões semelhantes separadas por um pequeno corredor (Figura 9). Em ambas as salas existia um termómetro/higrómetro (modelo OH503, marca oh!haus&Co) que regista diariamente a temperatura e a humidade relativa. No corredor encontrava-se o material necessário para as medições e recolhas do ensaio sendo este composto essencialmente por espátulas, frascos de plástico e uma balança (basic 4100S, Sartorius, Goettingen, Alemanha).

Optou-se por recorrer ao sistema de luz natural, que entrava na sala através de um total de oito janelas, viradas a Sul, sendo a média de horas de sol no mês de junho no distrito

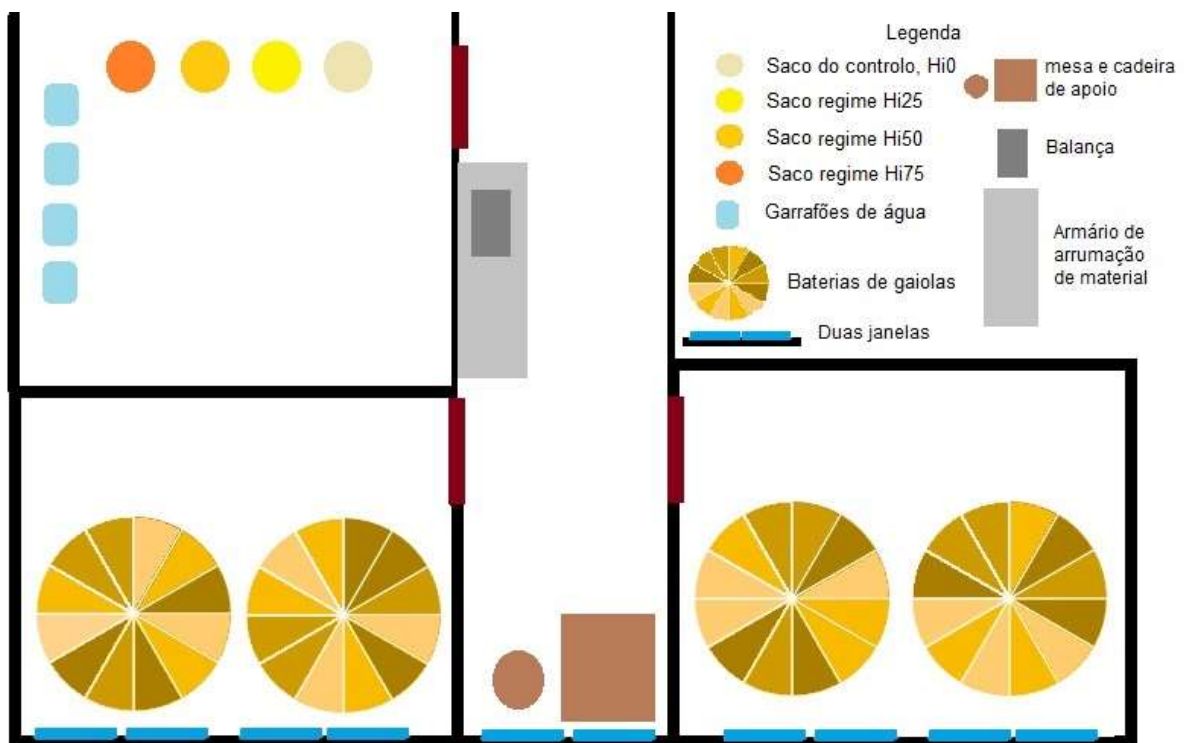


Figura 9 - Representação esquemática do espaço do ensaio e do desenho experimental. Os objetos não estão à escala real.

de Santarém de aproximadamente 14 horas e 47 minutos e, conseqüentemente, 9 horas e 53 minutos de escuridão.

O ensaio teve início com a chegada de 60 pintos do dia (dia 1), os quais foram sujeitos a um período de adaptação de quatro dias. Durante o período de adaptação os indivíduos já se encontram agrupados de acordo com os quatro regimes alimentares a ingerir o alimento correspondente, (quinze animais distribuídos aleatoriamente por regime) dentro de caixas plásticas (40x60x20 cm), as quais foram colocadas no topo de cada bateria de gaiolas, perto da luz IV aí existente. Ao 4.º dia todos os indivíduos foram novamente pesados, excluindo-se do ensaio três pintos com os pesos mais extremos de cada um dos quatro regimes alimentares. Perfazendo um total de 48 pintos a ser submetidos ao ensaio, estes foram distribuídos pelas gaiolas metabólicas, considerando-se a preservação do regime alimentar atribuído a cada indivíduo desde o dia 1. No entanto, a repartição dos doze indivíduos selecionados para o ensaio de cada regime é feita aleatoriamente entre as baterias das gaiolas.

3.3.2. Caracterização e preparação das dietas

As formulações dos regimes alimentares foram elaboradas pela empresa TECADI-Indústria e Comércio de Produtos Para o Sector Agro-Alimentar LDA, Santarém, PORTUGAL, com a especial preocupação de criar regimes alimentares isoproteicos e isoenergéticos. Formularam-se quatro regimes alimentares: a dieta controlo, Hi0, que não continha na sua formulação farinha de larvas, enquanto que as outras três formulações continham farinha de larvas de mosca-soldado-negra (BSF) em quantidades crescentes. Assim, para além da dieta controlo foi formulada a dieta Hi25, a Hi50 e a Hi75 cuja substituição de soja presente na dieta controlo era aproximadamente de 25%, 50% e 75% respetivamente. No ponto 8.1., presente nos anexos, encontram-se as formulações das mesmas (Quadro 11).

3.3.2.1. *Secagem das larvas*

As larvas foram descongeladas e distribuídas numa quantidade entre 300g a 500g por 76 tabuleiros de alumínio dimensões variáveis e devidamente identificados, tendo sido, posteriormente, secas a 60°C com o caudal de ventilação a 100% até peso constante numa estufa (modelo UF750, marca Memmert, Schwabach, ALEMANHA).

3.3.2.2. *Moagem e mistura das matérias-primas*

As MP e aditivos para a elaboração das dietas foram obtidos na fábrica experimental de rações da Estação Zootécnica Nacional de modo a fazer dois lotes de ração, um inicial de 10 kg com granulometria a 3 mm e um segundo de 15 kg com granulometria de 5

mm. As MP foram pesadas em separado e misturadas manualmente para cada um dos regimes alimentares sendo que as larvas secas foram adicionadas a este processo nas dietas correspondentes. Após a mistura grosseira de todos os constituintes das dietas, estas misturas foram trituradas a 5mm e seguidamente a 3mm no caso do primeiro lote e apenas uma vez pelo moinho 5mm no segundo lote, tendo sido utilizado um moinho de discos para a moenda a 5 mm (modelo FCP80-2, Retsch, Haan, ALEMANHA) e para a moenda a 3 mm um moinho de martelos de 8 polegadas (moinho de laboratório 8"Christy & Norris^{Ltd}, Suffolk, REINO UNIDO). Para homogeneizar as dietas utilizou-se um misturador horizontal. Os aditivos e o óleo de soja foram adicionados no primeiro minuto da mistura, em conformidade com a formulação para cada dieta, e o equipamento trabalhou durante dez minutos de modo a garantir a homogeneidade das dietas. Após executar este procedimento para cada um dos regimes alimentares, estes foram armazenados em sacos plásticos de ração e conservados numa sala escura com o ambiente fresco e seco.

3.3.3. Caracterização da estirpe de frangos de carne: ROSS 308

A Ross 308 (Aviagen, Alabama, EUA) é uma estirpe de frangos de carne de crescimento rápido com grande importância nos mercados mundiais estando em constante seleção e melhoramento genético. A grande mais-valia desta estirpe encontra-se nas suas características morfológicas como pernas robustas e fortes e boa conformação dos peitos além de outras características zootécnicas como elevados ganhos de peso vivo, baixo custo de produto acabado, baixo índice de conversão e taxas de mortalidade reduzidas. Deste modo, e através de um manejo correto, podem obter-se resultados consistentes, boas eficiências alimentares e um desempenho robusto (Aviagen 2014).

3.3.4. Registos diários

3.3.4.1. Alimento ingerido

Diariamente, o procedimento inicia-se com a remoção de todos os comedouros pertencentes ao regime controlo e pesagem dos mesmos. Em determinados dias do ensaio é adicionado alimento aos comedouros de modo ao fornecimento ser sempre *ad libitum*. Repete-se o processo para os outros regimes alimentares seguindo a ordem de aumento de concentração de percentagem de substituição de farinha de larva de mosca-soldado-negra (Hi0, Hi25, Hi50, Hi75).

3.3.4.2. Água ingerida

A água ingerida é controlada diariamente sendo que esta é pesada por baterias de gaiolas. A água existente no bebedouro é pesada e descartada de modo a fornecer

diariamente água fresca e *ad libitum*. A água utilizada no ensaio provém da Fonte das Três Bicas, localizada no Vale de Santarém, concelho de Santarém, PORTUGAL (coordenadas Google Maps® 39°11'37.3"N 8°44'06.9"W).

3.3.4.3. Excreta

A recolha da excreta é executada diariamente logo após o registo de alimento e água. Para tal retiram-se os tabuleiros de excreta, revestidos por sacos de plástico, existentes na parte inferior de cada gaiola. Um a um, por dietas e com o auxílio de uma espátula, retiram-se as excreta que são colocadas num frasco devidamente identificado com a amostra semanal de cada individuo. Este frasco é pesado sempre que se adiciona excreta à amostra (diariamente). A recolha é iniciada com o regime controlo e prossegue-se para as dietas de menor concentração de percentagens de farinha de larva de BSF para as dietas com maior concentração de farinha de larvas, tal como no procedimento dos comedouros. Os frascos são armazenados a -20°C numa arca frigorífica até processados para análise.

3.3.5. Registos semanais

3.3.5.1. Peso vivo

O peso vivo foi primeiramente registado no momento de chegada dos pintos do dia (dia 1) e no fim do período de adaptação (dia 4) de modo a assegurar que todos os animais introduzidos no estudo se encontravam em aumento de peso e que a média de peso vivo dos animais não era significativamente diferente entre grupos, quer no dia 1, quer no dia 4 (Figura 10). Os animais continuaram a ser pesados uma vez por semana, nos dias 7, 14, 21 e 28 do ensaio de modo a avaliar o ganho de peso semanal.

3.3.6. Abate e processamento

Ao 28.º dia de ensaio a população foi dividida em dois grupos de acordo com o modo de abate com o intuito de proceder a análises distintas. Metade foi abatida através de deslocação cervical, colocados em sacos plásticos individualizados, e armazenados de imediato a $\pm 1^\circ\text{C}$ para posterior secagem e análise calorimétrica. A outra metade foi

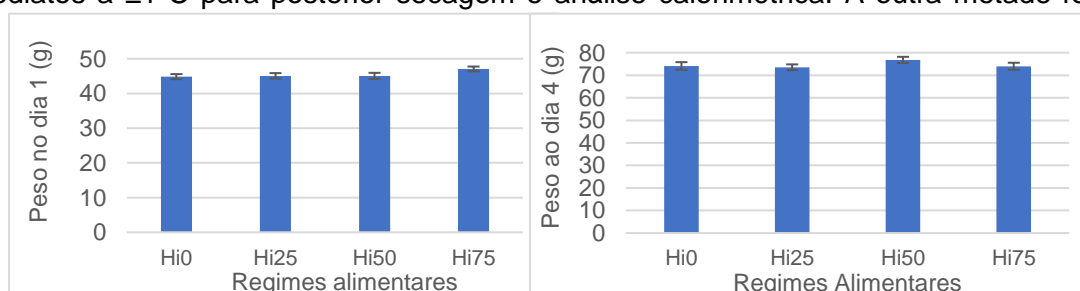


Figura 10 - Descrição do peso da população à chegada (dia 1) (esquerda) e no início do ensaio (dia 4) (direita). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

abatida, no matadouro experimental do INIAV de Santarém, na Estação Zootécnica Nacional, através de um corte na jugular. Após sangria foram depenados e eviscerados. Neste segundo grupo foi efetuada uma dissecação através de um corte no músculo peitoral direito, para avaliação anatómica da carcaça. Foram igualmente efetuadas medições de órgãos internos e a recolha de amostras histológicas dos órgãos do sistema digestivo. As porções de tecido recolhidas foram armazenadas em formol e transportadas para laboratório da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, Lisboa, PORTUGAL. Após a recolha de amostras as carcaças foram higienizadas, acondicionadas em caixas adequadas, e conservados em refrigeração a $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

No dia seguinte ao abate, efetuou-se a desmancha dos animais, durante a qual se efetuou a pesagem das carcaças e peças cárneas provenientes da desmancha. O peso da carcaça foi obtido através da pesagem do frango sem cabeça, pescoço e patas. As restantes porções foram pesadas após a desmancha numa balança (PLJ 2000-3A, KERN & SOHN GmbH, Balingen, ALEMNHA). As diferentes amostras para análise foram embaladas em vácuo (Turbovac S40, Hertogenbosch, HOLANDA) e mantidas em congelação a $\pm 1^{\circ}\text{C}$, até realização dos procedimentos analíticos.

3.4. Características da carne

3.4.1. Análise de cor

Para as análises de cor foram realizadas medições na frente de uma porção do músculo do peito direito. Os dados foram obtidos através de um colorímetro triestímulos (CR 400, Konica Minolta, Tóquio), no espaço de COR Lab Cie ((L* luminosidade; a* intensidade de vermelho, b* intensidade de amarelo) (Comission International d'Eclairage), em 1976. Os valores de Chroma e Hue são utilizados para descrever a cor através de coordenadas cilíndricas (em vez de tridimensionais, como L*, a* e b*). São calculados a partir dos valores de a* e b* e representam respetivamente a intensidade da cor (C*) e o ângulo (H*) (Figura 11).

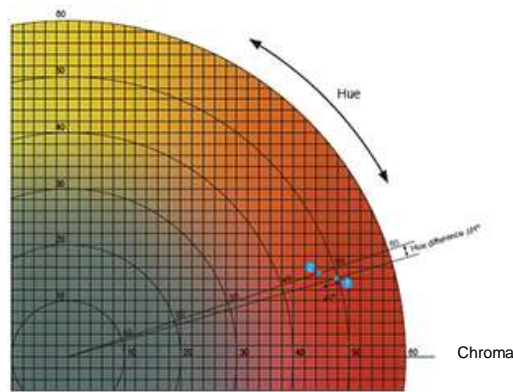


Figura 11 - Representação gráfica de Chroma e Hue (adaptado de plataforma Konica Minolta).

Foram realizadas medições em quatro momentos distintos: 24, 48, 72 e 144 horas após o abate. Após esta última avaliação as amostras foram processadas termicamente (80° a 10 minutos, arrefecidas e avaliada a cor), antes e depois das porções de carne serem cozidas. As porções de carne do peito foram armazenadas individualmente, numa caixa de Petri, em refrigeração a $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$ com uma inclinação de 30° .

3.4.1. pH

As medições de pH na porção de carne do peito seguiram o método de referência para carnes e produtos cárneos da Norma Portuguesa 2007, método NP 3441 com recurso a um medidor 744 pH meter, Metrohm AG, Herisau, Suíça.

3.4.2. Exsudação

De modo a avaliar a exsudação da carne, as porções de carne do peito foram armazenadas numa caixa de Petri, em refrigeração a 4°C com uma inclinação de 30° . Estas porções de carne foram pesadas numa balança (PLJ 2000-3A, KERN & SOHN GmbH, Balingen, ALEMNHA) imediatamente após as medições todas as análises de cor (às 24, 48, 72 e 144 horas após o abate), de forma a determinar a sua perda de água através da diferença de peso. O mesmo aconteceu depois do tratamento térmico de modo a analisar a perda de água após cozedura.

3.4.3. Análises Químicas

As análises químicas foram realizadas no laboratório de análise de alimentos do polo do INIAV de Santarém, a Estação Zootécnica Nacional, Vale de Santarém, Santarém, PORTUGAL. Este laboratório segue os métodos descritos na Norma Portuguesa. As análises seguintes (humidade, azoto total, gordura bruta, fibra bruta, cinzas, minerais e energia bruta) foram efetuadas nas amostras de todos os regimes alimentares (amostras de ambos os lotes de rações), em porções de carne do peito direito (*pectoralis major*) e na excreta (apenas azoto total, cinzas e os minerais Ca e P). O pré-

processamento das amostras foi semelhante para todas e incluiu, secagem em estufa a 65°C até peso constante, moagem e homogeneização para posterior análise de acordo com as respetivas normas.

3.4.3.1. *Humidade*

Para determinação da humidade das amostras foi seguida a Norma Portuguesa 1994 método ISO 875. Os resultados foram expressos em % produto.

3.4.3.2. *Azoto total (N-total)*

O teor de proteína bruta foi determinado através da medição de azoto total seguindo a Norma Portuguesa 1994, o método ISO 5983-2 (2009). Após esta medição foi calculado o teor de proteína bruta (PB) usando o fator de 6,25. Os resultados foram expressos em %MS.

3.4.3.3. *Gordura Bruta*

O teor de gordura bruta (GB) foi determinado nos regimes alimentares seguindo a Norma Portuguesa 1994 o método ISO 6492 (2014). Os resultados foram expressos em %MS.

3.4.3.4. *Fibra Bruta*

Para determinação da fibra bruta (FB) utilizou-se o método de Van Soest (Van Soest *et al.*, 1991). Os resultados foram expressos em %MS.

3.4.3.5. *Cinza*

Para a determinação de cinzas seguiu-se a Norma Portuguesa 1994, o método ISO 5984 (2014). Os resultados foram expressos em %MS.

3.4.3.6. *Minerais*

Para determinação dos minerais seguiu-se a Norma Portuguesa 1994, o método ISO 2971 (1985). No caso das amostras de excreta foi determinado o Ca e o P segundo os métodos ISSO 6869/2007 e ISO 874 (2000), respetivamente. Os resultados foram expressos em %MS.

3.4.3.7. *Energia Bruta*

Para a determinação da energia bruta (EB) utilizou-se o método ISSO/DP 9831 (1988) a Norma Portuguesa 1994. No caso da excreta, esta análise foi apenas efetuada em amostras provenientes de quatro indivíduos de cada regime alimentar ao longo do ensaio.

3.5. Análise estatística

Os dados recolhidos durante este trabalho foram organizados com o auxílio do programa Microsoft Office Excel® 2016. A análise estatística descritiva e inferencial foi realizada através do programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*, IBM, Nova Iorque, EUA) versão 24.0. Os resultados da estatística descritiva foram apresentados como médias e erros padrão. Quanto à estatística inferencial foi executada uma análise de variâncias ANOVA fatorial com o *post-hoc* DMS. Uma vez que existem variáveis em estudo que não cumprem todos os pressupostos da análise, as variáveis que não apresentavam homogeneidade foram submetidas a testes paramétricos *Tamhane*. Foi considerado o nível de significância igual ou menor que 0,05 em todos os testes.

4. Resultados

No decorrer do ensaio foram tidos em conta variáveis dependentes ao nível zootécnico, anatómico e de qualidade do produto final (carne), que pudessem ser influenciados pelas variáveis independentes, os regimes alimentares com diferente inclusão de larvas (Hi0, Hi25, Hi50, Hi75). Os valores médios obtidos neste trabalho encontram-se compilados nos Quadros 12, 13, 14 e 15, presentes no ponto 8.2. dos anexos, com o respetivo nível de significância do teste ANOVA de comparação entre as médias dos grupos.

4.1. Peso Vivo

As médias dos pesos dos animais aos 7 dias de idade não foram significativamente diferentes entre os quatro regimes alimentares (Figura 12). Contudo, aos 14 dias, os animais do regime Hi75 apresentaram um peso significativamente inferior aos animais dos outros regimes alimentares (Hi0: $p=0,036$, Hi25: $p=0,01$ e Hi50: $p=0,021$, respetivamente) não havendo diferenças significativas entre as médias de peso dos restantes grupos. Aos 21 dias o PV manteve-se significativamente inferior no regime Hi75 relativamente aos regimes Hi0 e Hi25 ($p=0,025$, $p=0,006$), não se verificando diferenças significativas entre as médias de PV dos restantes grupos. Já aos 28 dias, o último dia do ensaio, não se verificaram diferenças significativas entre as médias do PV dos animais (Figura 12). Apesar do regime Hi50 nunca apresentar diferenças significativas com Hi0, os valores mínimos de PV registados pertenciam a este regime em todas as pesagens.

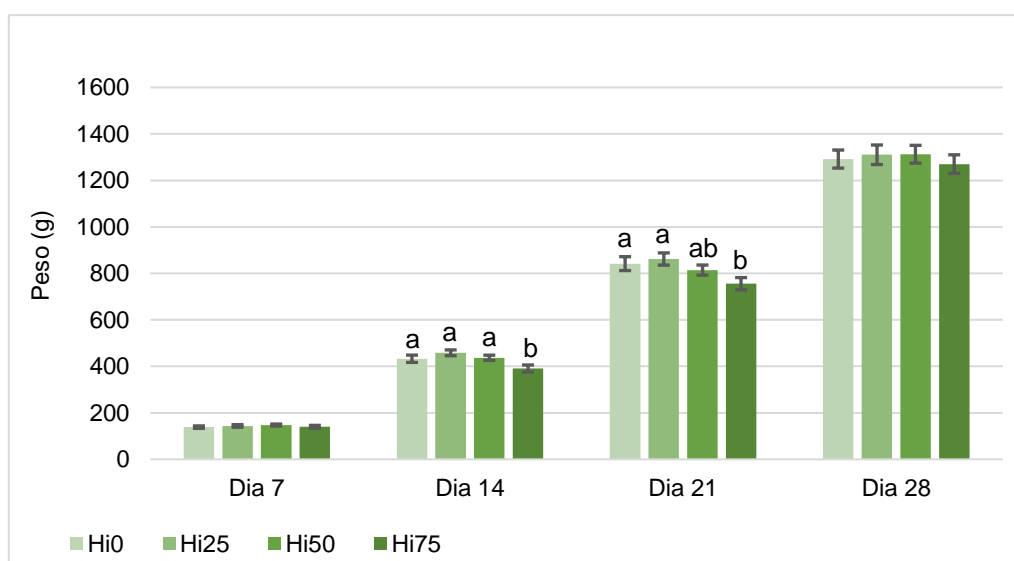


Figura 12 - Pesos vivos médios dos animais ao longo de todo o ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ($n=48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.2. Índice de Conversão e Ganho Médio Diário

Os valores médios de índice de conversão (IC) obtidos no início do ensaio, semana 1, não apresentaram diferenças significativas entre os regimes alimentares. Contudo, na semana 2, o valor médio de IC do regime Hi75 foi significativamente maior que nos outros regimes (Hi0: $p=0,04$, Hi25: $p=0,003$, Hi50: $p=0,02$). Os valores de IC não foram significativamente diferentes entre os restantes regimes alimentares. Por seu lado, na semana 3, os valores médios de IC do regime Hi0 foram significativamente inferiores aos valores do regime Hi50 ($p=0,011$), enquanto que os outros regimes alimentares não diferenciaram significativamente entre si. Por fim, na semana 4 e última semana do ensaio, os valores de IC não foram significativamente diferentes entre os regimes alimentares, o que se manteve quando a totalidade das semanas é considerada, não sendo assim detetado diferenças significativas entre os valores médios de IC nos diferentes regimes alimentares (Figura 13).

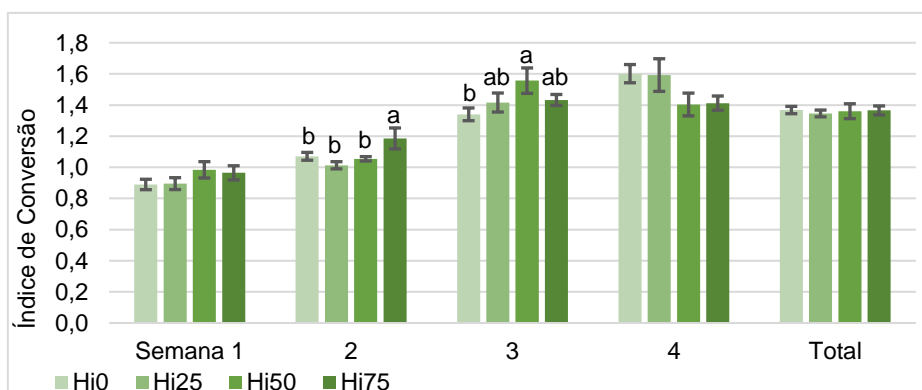


Figura 13- Flutuações dos IC médios dos frangos ao longo do ensaio e na totalidade. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ($n=48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Relativamente ao ganho médio diário (GMD), na semana 1 do ensaio, as médias dos ganhos não variaram significativamente entre regimes alimentares. Contudo, na semana 2, o regime Hi75 tem significativamente menos GMD que os restantes (Hi0: $p=0,003$, Hi25: $p < 0,001$, Hi50: $p=0,007$, respetivamente), não se verificando mais diferenças entre os regimes. Já na semana 3 não se verificaram diferenças significativas no GMD, enquanto que no caso da semana 4, dado não cumprir os pressupostos de homogeneidade, recorreu-se ao teste *Tamhane T2*, o qual indicou um aumento significativo no GMD do regime Hi75 em relação ao regime Hi0 ($p=0,042$). Considerando

a totalidade das semanas, os GMD não são significativamente diferentes entre os diferentes regimes alimentares (Figura14).

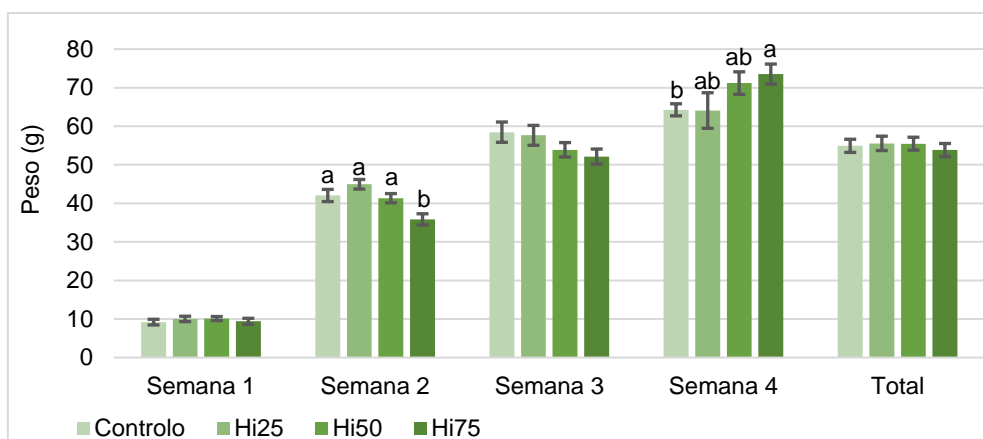


Figura 14- Evolução dos ganhos médios diários dos frangos ao longo do ensaio e na sua totalidade. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.3. Ingestão de alimento e água

A ingestão média de alimento na semana 2 do ensaio foi significativamente maior no regime Hi25, havendo diferenças significativas entre todos os regimes alimentares ($p < 0,05$). Na semana 3, a ingestão média de alimento foi significativamente superior nos regimes Hi0 e Hi25 em relação aos regimes Hi50 e Hi75 (Hi0 com Hi50: $p=0,002$ e Hi75: $p < 0,001$ e Hi25 com Hi50: $p=0,022$ e Hi75: $p < 0,001$), mas não diferentes entre si, tendo sido o regime Hi0 o que apresentou a maior média de ingestão de alimento. Na semana 4 os valores não variaram significativamente entre si. Na totalidade do ensaio, a ingestão média de alimento não variou significativamente entre os regimes alimentares (Figura 15).

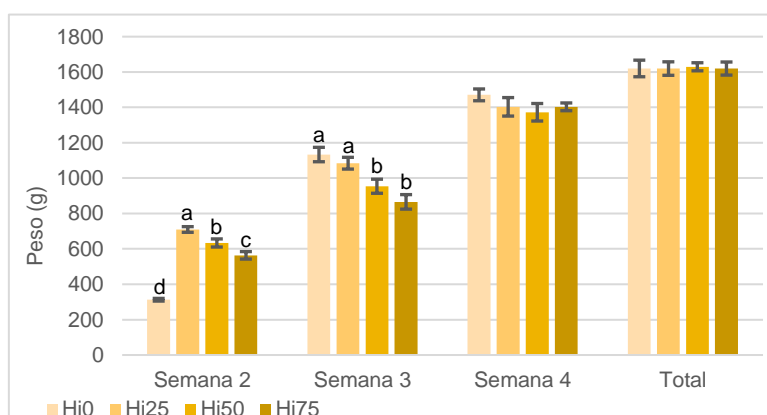


Figura 15 - Ingestão individual média de alimento dos frangos ao longo do ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Quanto à ingestão de água por parte dos animais durante a semana 2 do ensaio, os valores médios do regime Hi0 são significativamente maiores do que os valores médios dos outros regimes ($p < 0,001$). Os regimes com inclusão de farinha de BSF apresentaram consumos médios semelhantes. Na semana 3, o consumo de água por parte do regime Hi50 é significativamente maior que em Hi75 ($p = 0,011$), não se registando diferenças nos restantes regimes alimentares. Na semana 4, os valores não apresentavam homogeneidade de variâncias e, quando sujeitos ao teste *Tamhane T2*, o consumo de água dos frangos não variou significativamente entre os regimes alimentares (Figura 16).

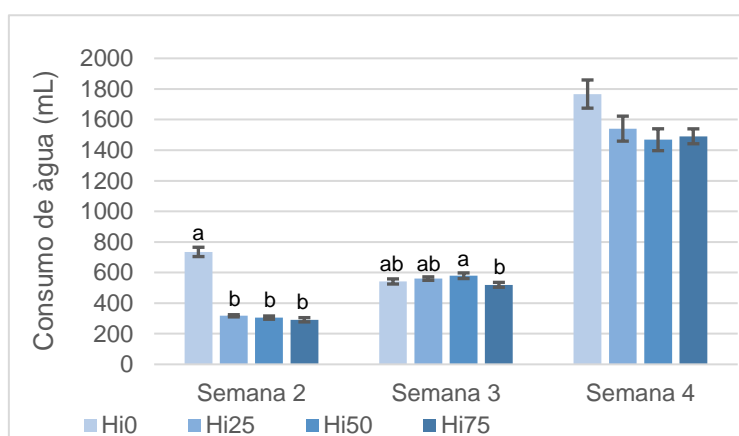


Figura 16 - Ingestão média individual de água dos frangos durante o ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) ($n = 48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.4. Produção de excreta

Relativamente ao peso da excreta produzida pelos animais, os pesos médios das excreções na semana 2 do ensaio foram significativamente superiores no regime Hi0 que no Hi75 ($p = 0,009$), enquanto os restantes grupos não diferenciaram significativamente entre si. Na semana 3, o regime Hi0 produziu excreta com significativamente mais peso que os regimes com inclusão de larvas Hi50 e Hi75 ($p = 0,028$ e $p = 0,005$). Ainda nesta semana, o regime Hi25 também excretou, em média, excreta com mais peso que o regime Hi75 ($p = 0,028$). Na semana 4, o regime Hi0 apresenta valores significativamente superiores aos regimes Hi25 e Hi50 ($p = 0,047$ e $p = 0,018$), mas não é significativamente superior a Hi75 (Figura 17).

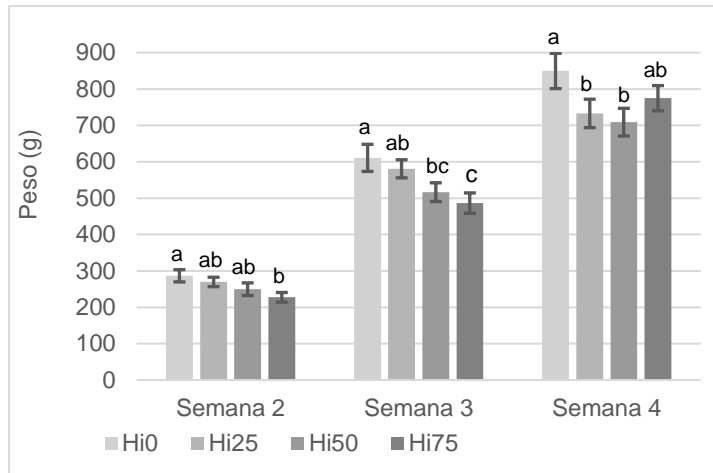


Figura 17 – Pesos de excreta médios dos frangos ao longo do ensaio. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=48$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.5. Perímetro do peito e envergadura da asa

Tanto no caso do perímetro do peito, como envergadura de asa, os resultados não apresentam diferenças significativas (.Quadro 13, ponto 8.2.2. dos anexos)

4.6. Características da carcaça

Os valores de rendimento de carcaça, tanto quando comparados com o PV como com o peso de carcaça (PC), foram significativamente menores nos regimes com maior inclusão de larvas, os regimes Hi50 e Hi75. Quando comparados com o PV, o regime Hi0 teve valores de PC significativamente maiores que Hi50 e Hi75 ($p=0,048$ e $p=0,016$, respetivamente) e os pesos médios dos peitos esquerdos foram significativamente maiores no regime Hi25 que no Hi50 e no Hi75 ($p=0,041$ e $p=0,014$, respetivamente). O valor médio para o peso absoluto das coxas não apresentava homogeneidade e quando aplicado o teste *Tamhane T2*, o regime Hi0 obteve pesos médios significativamente maiores que Hi25 ($p=0,034$). Relativamente ao PC, o peso médio dos peitos foi significativamente mais elevado no regime Hi25 que Hi75 ($p=0,043$) e os pesos das coxas não apresentavam diferenças significativas entre regimes (Figura 18).

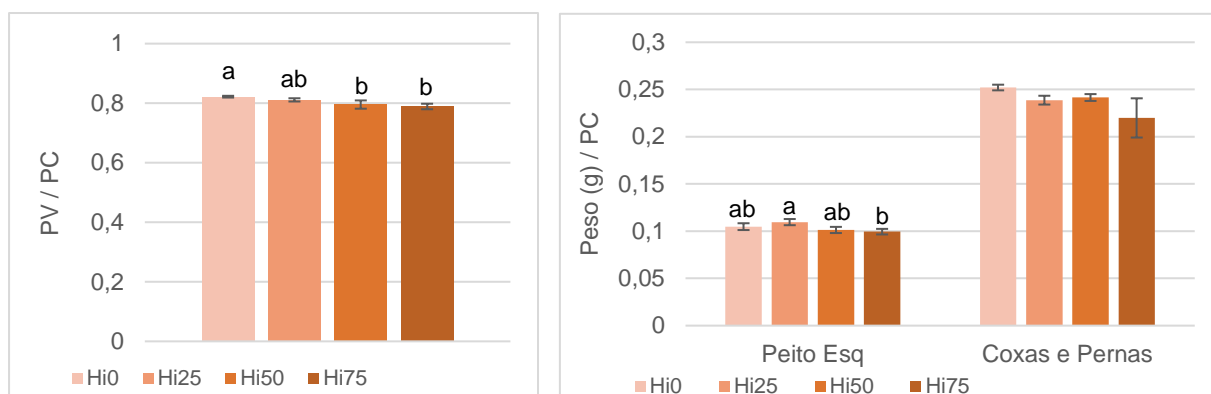


Figura 18 - Pesos médios relativos do PC com o PV (esquerda) e pesos relativos do peito esquerdo e das coxas e pernas com o PC (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.7. Análises calorimétrica aos frangos inteiros

Os resultados de EB dos frangos inteiros foram significativamente mais elevados nos dois regimes com maior teor larvar (Hi50 e Hi75) que nos outros dois regimes (Hi0 e Hi25) em percentagem de produto ($p < 0,001$ e $p = 0,001$). Os resultados da EB em percentagem de MS, apresentam valores mais elevados nos regimes com inserção de larvas (Hi25, Hi50 e Hi75) do que no Hi0 ($p < 0,001$). Relativamente à HT da carcaça, os valores foram significativamente mais elevados nos regimes Hi0 e Hi25 que nos restantes regimes alimentares (Hi50 e Hi75) (Hi0 com Hi50: $p = 0,003$ e Hi75: $p = 0,001$, e em Hi25 com Hi50 e Hi75: $p < 0,001$), não diferenciando entre si (Figura 19).

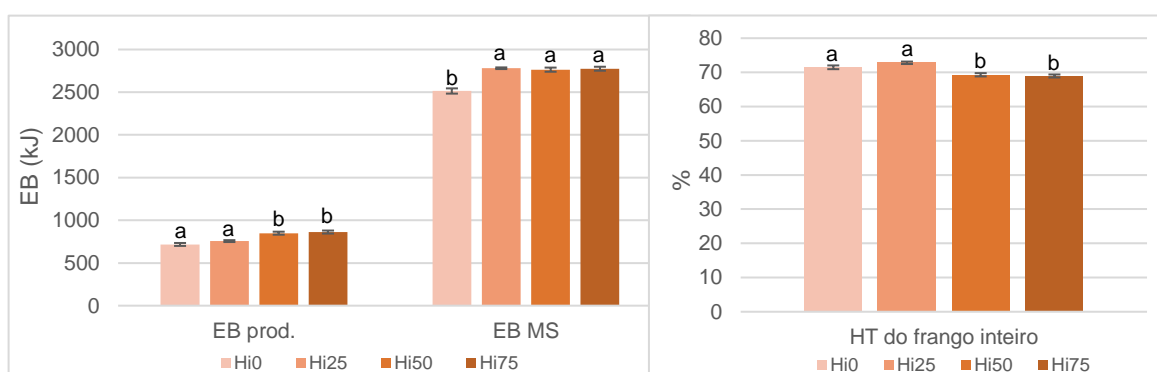


Figura 19 - Resultados da EB dos frangos inteiros em % de produto e % de MS (esquerda) e Humidade total dos frangos inteiros (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.8. Alterações anatómicas

4.8.1. Peso do Fígado

Os pesos absolutos médios do fígado não apresentavam homogeneidade de variâncias, sendo submetidos ao teste *Tamhane T2*, onde o resultado indica não haver diferenças significativas entre os regimes alimentares. Quando relacionado o peso do fígado com o PC este é significativamente superior no Hi0 do que nos outros regimes alimentares (Hi25: $p=0,001$, Hi50: $p=0,004$ e Hi75: $p=0,002$) (Figura 19). Assim, o regime controlo apresenta um índice hepatossomático mais elevado que os restantes.

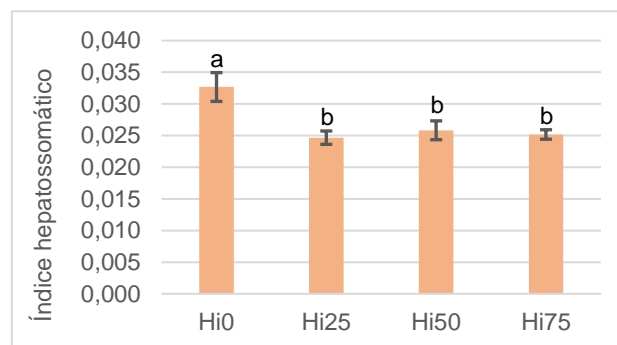


Figura 20 - Índice hepatossomático dos frangos calculados tendo em conta o peso de carcaça. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p<0.05$) ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.8.2. Comprimento Intestino Delgado e Ceco

Quanto ao comprimento absoluto do intestino delgado (ID) os resultados demonstraram que o regime Hi25 tem valores médios significativamente menores que os restantes regimes alimentares ($p=0,043$, $p=0,014$ e $p=0,033$) não apresentando os restantes regimes alimentares diferenças significativas entre si. Adicionalmente, quando relacionando o comprimento do ID com o PC, o regime de Hi25 tem valores significativamente menores que os regimes Hi50 e Hi75 ($p= 0,018$ e $p=0,011$, respectivamente), não apresentando os outros regimes alimentares diferenças entre si (Figura 21).

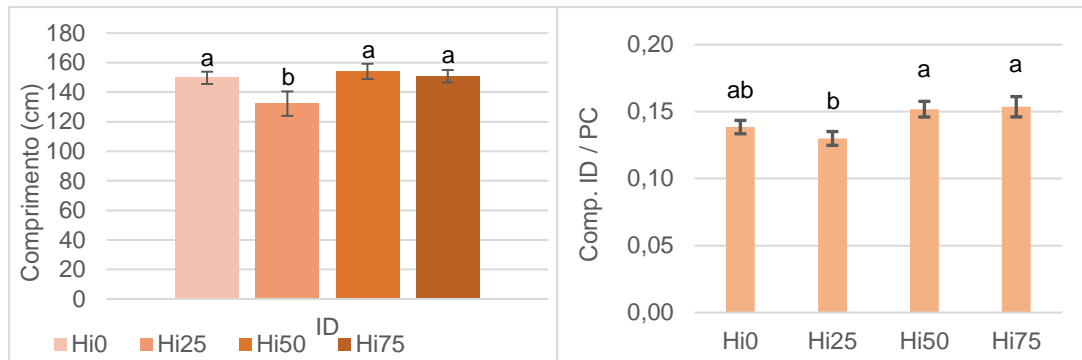


Figura 21 - Comprimentos médios de intestino delgado absolutos (esquerda) e comprimentos médios do ID relativos ao peso de carcaça (direita). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Os comprimentos e pesos absolutos do ceco não apresentaram diferenças significativas entre os regimes alimentares. No entanto, quando relacionando os comprimentos do ceco com o PC, o regime Hi25 apresentou uma relação significativamente maior do que o regime Hi0 ($p=0,04$) (Figura 22). Adicionalmente, os cecos dos frangos alimentados com maior inclusão de BSF, Hi50 e Hi75, apresentavam uma coloração mais escura que o controlo (Figura 23).

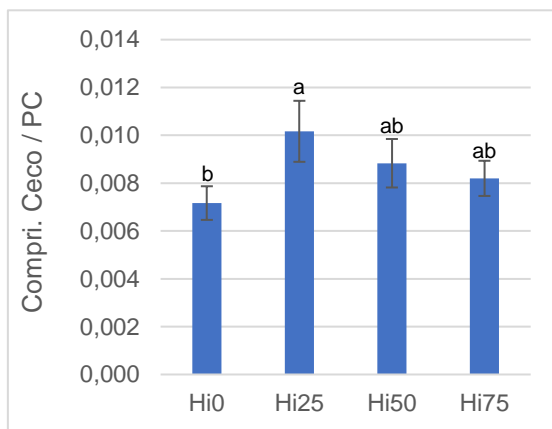


Figura 22 - Relação dos comprimentos do ceco (cm) relativos ao peso de carcaça nos vários regimes alimentares. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.



Figura 23 - Fotografias de cecos de frangos dos regimes HI0 e HI75 (esquerda e direita, respetivamente).

4.9. Características da carne

4.9.1. Cor

Os resultados das medições para a cor da carne (L^* , a^* e b^*) apresentam uma tendência de aumento de luminosidade e palidez e diminuição da vermelhidão com o passar do tempo como se pode observar no seguinte Quadro 6.

Quadro 6 - Valores médio de L , a^* e b^* das porções de músculo peitoral dos vários regimes alimentares medidos no início e no fim do período de armazenamento ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

	24 Horas				144 Horas			
	Hi0	Hi25	Hi50	Hi75	Hi0	Hi25	Hi50	Hi75
L^*	53,56	49,55	51,81	49,02	54,45	51,52	55,65	52,24
a^*	2,84	4,61	4,54	5,43	1,99	3,42	3,85	5,33
b^*	12,20	12,19	12,06	11,26	13,30	12,47	14,54	13,78

Os valores de Chroma (C^*) e Hue (H^*) obtidos diferiram significativamente entre regimes alimentares nas 48h, 72h e 144h após o abate (Figura 24). No caso dos valores de C^* , na medição às 48h após o abate, o regime Hi50 apresentou valores significativamente maiores do que os restantes regimes alimentares (Hi0: $p= 0,009$, Hi25: $p= 0,003$, Hi75: $p= 0,01$), mantendo-se esta situação na leitura feita às 72h, mas apenas relativamente ao regime Hi0 e Hi25 ($p= 0,017$, $p= 0,01$, respetivamente). Por fim, às 144h, o regime Hi50 continuou a diferir do Hi0 e do Hi25 ($p=0,013$, $p=0,003$) enquanto que o Hi25 diferiu significativamente do regime Hi75 ($p=0,035$). Os valores de C^* não variaram significativamente após a cozedura da carne.

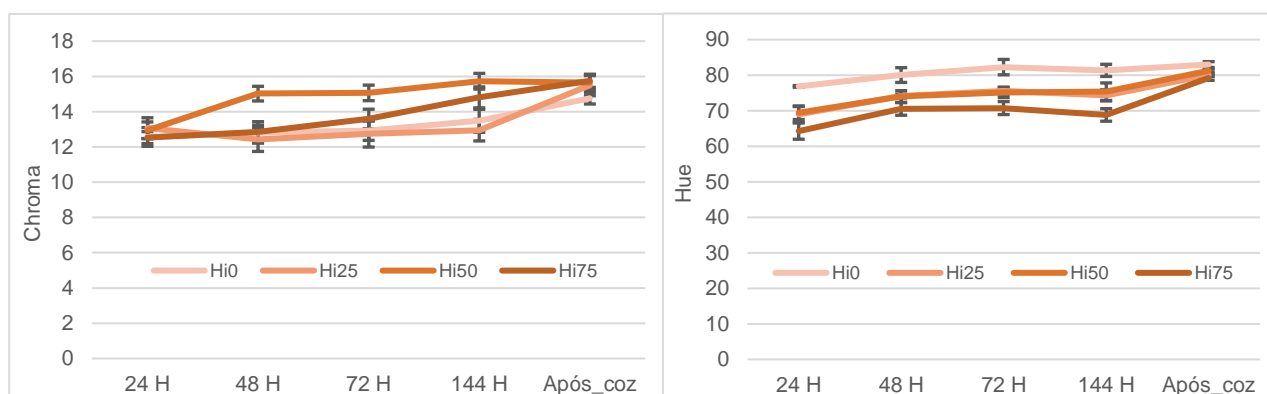


Figura 24 - Representação dos valores médios de Chroma (esquerda) e Hue (direita) durante o armazenamento ($n=24$). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Relativamente aos valores de H^* , estes variam significativamente entre regimes alimentares em todas as medições após o abate. O regime Hi0 apresenta valores significativamente mais altos que os restantes regimes alimentares em todas as

medições (às 24h Hi25: $p= 0,012$, Hi50: $p= 0,017$ e Hi75: $p<0,001$; às 48h Hi25: $p=0,018$, Hi50: $p= 0,016$ e Hi75: $p= 0,0$; às 72h Hi25: $p=0,01$, Hi50: $p= 0,007$ e Hi75: $p<0,001$; às 144h Hi25: $p= 0,017$, Hi50: $p= 0,038$ e Hi75: $p<0,001$). Na última medição, 144 horas após o abate, o valor do regime Hi75 foi significativamente menor que o de Hi50 ($p= 0,025$). Após a cozedura, o regime Hi75 manteve-se menor que Hi50 ($p= 0,031$) e o Hi0 foi significativamente mais elevado que Hi25 e Hi75 ($p=0,04$ e $p<0,001$, respetivamente).

4.9.2. pH

Os resultados do pH da carne do peito direito não variaram significativamente entre os regimes alimentares (Figura 25).

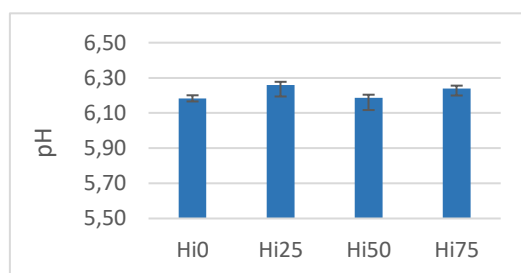


Figura 25 - Resultado de pH da carne do peito direito ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.9.3. Exsudação da carne

Os valores de exsudação da carne correspondem à perda de água por parte da carne aquando armazenada numa arca frigorífica (4°C) (Figura 26). Esta perda, 48 horas após o abate, foi significativamente superior no regime Hi50 que nos regimes Hi25 e Hi75 ($p=0,001$ e $p=0,022$, respetivamente), não existindo diferenças significativas entre os outros regimes alimentares. Quanto à exsudação 72 horas após o abate, não se obtiveram diferenças significativas entre os regimes alimentares. Os valores de exsudação 144 horas após o abate não apresentavam homogeneidade de variâncias, tendo sido submetidos ao teste *Tamhane T2*. O teste indicou que a exsudação das

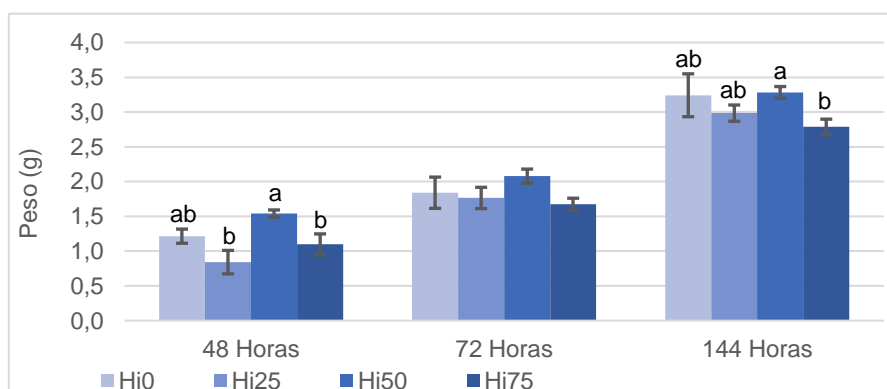


Figura 26 - Exsudação de porções de carne do peito às 48, 72 e 144 horas. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p<0,05$) ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

porções de músculo do regime Hi50 era significativamente superior ao regime Hi75 ($p=0,035$), e que os restantes regimes alimentares não apresentam diferenças significativas.

4.9.4. Análises Nutricionais

Os resultados de MS, N-total, PB e cinzas das análises executadas a uma porção de carne pertencente ao músculo direito, variaram significativamente com o regime Hi25 a ter teores significativamente maiores que alguns regimes, especialmente os com maior inclusão de larvas. Relativamente ao teor em MS, Hi25 foi significativamente maior que o regime Hi0 e Hi50 ($p=0,027$ e $p=0,018$, respetivamente). No caso de N-total e PB, o regime Hi25 foi significativamente maior que Hi50 (N-total: $p=0,037$ e PB: $p=0,034$), e nos resultados das cinzas, Hi25 foi significativamente maior que Hi75 ($p=0,013$). Estes resultados podem ser consultados na Figura 27 e o total de dados recolhidos relativamente à porção de carne do peito encontra-se no Quadro 14 (ponto 8.2.3. dos anexos).

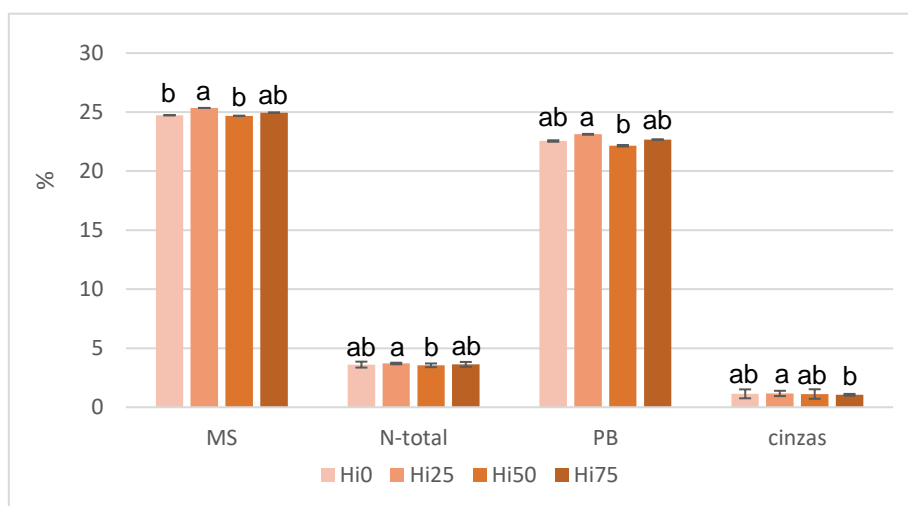


Figura 27 - Representação gráfica dos resultados médios de MS, N-total, PB e cinzas de uma porção de carne do peito. Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=24$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

4.10. Análises químicas

4.10.1. Lotes de rações

Os resultados das análises aos regimes alimentares encontram-se presentes nos seguintes Quadros 7 e 8, em percentagem de MS.

No primeiro lote, os valores de PB apresentavam todos 23%. Os teores de GB foram mais elevados no Hi0 e Hi25 variando menos de 1%. A percentagem de fibra, assim como a quantidade de cinzas, foram aumentando com o aumento de inclusão de larvas

nos regimes alimentares, atingindo o máximo de 6,22% da FB e 7,86% de teor em cinza no regime Hi75. Os valores de macro e microelementos mais elevados estão presentes no regime Hi75, exceto no caso do sódio (Na), potássio (K) e Magnésio (Mg), que apresentaram maior percentagem no regime Hi0. Os valores de EB foram mais elevados com o aumento da inclusão de larvas, sendo o regime Hi75 que possui o valor mais elevado 1974,64 KJ (equivalente a 471,95 Kcal).

*Quadro 7 - Resultados referentes ao primeiro lote de rações, onde o tamanho de partícula era de 3 mm. *valor em % de MS. Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.*

	Hi0	Hi25	Hi50	Hi75		Hi0	Hi25	Hi50	Hi75
MS (%prod)	88,63	88,83	87,73	88,37	Cinzas *	6,47	6,86	6,88	7,86
PB *	23,76	23,57	23,58	23,80	Ca *	0,96	1,17	1,27	1,53
GB *	7,49	7,23	6,79	6,91	P *	0,72	0,78	0,79	0,87
FB *	3,95	3,88	4,26	6,22	Na *	0,18	0,12	0,13	0,16
NDF *	11,54	12,49	13,37	17,13	K *	0,67	0,64	0,57	0,55
ADF *	4,56	5,13	5,00	7,12	Mg *	0,19	0,14	0,14	0,18
ADL *	0,41	0,52	0,59	1,48	Cu (µg)	11,40	7,53	6,91	12,84
					Fe (µg)	139,91	159,29	181,82	219,53
					Zn (µg)	69,67	67,21	61,44	79,83
EB (Kj /Kg)	1854,40	1879,40	1886,86	1974,64	Mn (µg)	56,87	66,76	77,34	96,13
Kcal / Kg	443,21	449,19	450,97	471,95					

No caso do segundo lote, houve uma maior variação na quantidade de PB chegando a aproximadamente 3% de variação entre o valor mais elevado e o mais baixo pertencentes ao regime Hi25 e Hi75, respetivamente. Na GB também houve variações, mas em 1%, com o Hi75 a ter maior quantidade e Hi25 a menor. Relativamente à FB, a percentagem aumentou com o aumento de inclusão de larvas atingindo um valor ligeiramente mais baixo que primeiro lote (5,87%). O teor de cinzas continuou a ser mais elevado com o aumento de inclusão de larvas. Os valores de Ca, P, Fe e Mn são mais elevados no regime Hi75. Os macro elementos restantes, K e Mg, variaram muito pouco entre regimes (-de 0,10% e -0,01%, respetivamente). O valor de Cu é mais elevado no Hi0 com uma variação de 7% para o valor mais baixo, pertencente ao regime Hi50. O teor de Zn no regime Hi25 foi 24% mais elevado que o valor mais baixo pertencente a Hi50. Neste lote os valores de EB voltaram a ser mais elevados no Hi75 (2019,57 kJ; 482,69 Kcal). Todavia os outros dois regimes experimentais, Hi25 e Hi50, apresentaram os valores mais baixos de EB (1939,85 KJ; 463,64 Kcal e 1871,69 KJ, 447,34 Kcal, respetivamente).

Quadro 8 - Resultados das análises ao segundo lote de rações onde o tamanho de partícula era de 5 mm. *valor em % de MS. HI0- Controle, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

	Hi0	Hi25	Hi50	Hi75		Hi0	Hi25	Hi50	Hi75
MS (%prod)	3,72	3,96	3,71	3,49	Cinzas *	5,48	6,40	6,75	7,51
PB *	23,23	24,74	23,16	21,78	Ca *	0,72	1,36	1,23	1,42
GB *	6,19	5,88	5,90	6,98	P *	0,63	0,76	0,74	0,83
FB *	3,81	4,05	4,63	5,87	Na *	0,13	0,13	0,13	0,13
NDF *	11,63	11,61	12,35	15,76	K *	0,66	0,67	0,63	0,50
ADF *	5,10	4,62	6,03	6,26	Mg *	0,14	0,14	0,15	0,14
ADL *	0,70	0,47	1,00	1,74	Cu (µg)	13,50	9,97	6,17	7,26
					Fe (µg)	130,43	121,06	137,08	186,23
					Zn (µg)	57,29	76,77	52,42	58,26
EB Kj / Kg	1950,24	1939,85	1871,69	2019,57	Mn (µg)	47,46	58,12	70,15	91,63
Kcal/ Kg	466,12	463,64	447,34	482,69					

4.10.2. Fornecimento de aminoácidos e digestibilidade das larvas

Os resultados da UGA encontram-se nas seguintes Quadros 9 e 10. Estes demonstram que as larvas apresentam 45% de PB, 22% teor de GB e uma percentagem de cinzas de 13% (valores em % de MS).

Quadro 9 - Composição aproximada da farinha de larvas BSF utilizada em ambos os lotes de rações dos regimes experimentais. EMV corresponde à Energia metabolizável verdadeira com a correção N.

Farinha de larvas BSF	
EB (Kcal/kg)	5532,63
PB (%MS)	45,05
GB (%MS)	22,41
FB (%MS)	10,91
Cinza (%MS)	13,55
MS (%produto)	100,00
EMV (Kcal/kg)	3845

O total de somatório de aminoácidos (AA) representa 37,35%. Existe uma grande variedade de concentrações de AA sendo as mais elevadas o ácido glutâmico, ácido aspártico e lisina (4,05%, 3,36%, 3,06%, respetivamente) e as concentrações mais baixas da cisteína, triptofano e metionina (0,39%, 0,58%, 0,67%, respetivamente) sendo, também, estes três últimos AA que apresentam menor teor de AA digestível (0,24%, 0,55%, 0,59%, respetivamente) quando comparado com o resto do perfil de AA

que apresenta valores entre 1 e 3%. Grande quantidade de AA apresenta uma digestibilidade média superior a 80%. Relativo há percentagem média de AA na excreta, a grande maioria dos resultados encontra-se no intervalo de 0,5 a 1%, excetuando a glicina, ácido glutâmico, valina, ácido aspártico e lisina que apresentam valores superiores.

Quadro 10 - Perfil de AA de larvas BSF e a respetiva digestibilidade. Os * correspondem aos AA essenciais.

Aminoácido	Ingrediente % Aminoácido	Digestibilidade média (%)	Digestibilidade média do teor de aminoácidos (%)
Alanina	2,84	85,87	2,44
Arginina*	1,72	88,97	1,53
Ácido Aspártico	3,36	84,37	2,83
Cistina	0,39	61,64	0,24
Ácido Glutâmico	4,05	82,14	3,33
Glicina	2,20	51,60	1,14
Histina*	1,11	87,94	0,98
Isoleucina*	1,93	85,69	1,65
Leucina*	2,80	85,09	2,38
Lisina*	3,06	82,62	2,53
Metionina*	0,67	88,37	0,59
Fenilalanina*	1,74	84,82	1,48
Prolina	2,19	84,84	1,86
Serina	1,37	82,22	1,13
Treonina*	1,51	85,61	1,29
Triptofano*	0,58	95,37	0,55
Tirosina	2,27	88,13	2,00
Valina*	2,86	79,45	2,27
Total	37,35		

Relativamente ao ensaio realizado com galos cectomizados, estes foram alimentados com 30 g de larvas BSF que apresentavam um total de 5532,63 Kcal / kg de MS. Os resultados demonstraram que a média de EMV é de 3845 Kcal / kg de MS.

4.10.3. Análise à excreta

Relativamente à excreta coletada durante o ensaio, foi analisado o teor de MS, N-total, PB, cinzas, Ca e P e EB. Os resultados podem ser observados nas Figuras 28, 29 e 30, e os valores foram, na sua maioria, significativamente diferentes entre os regimes ao longo de todo o ensaio. Na segunda semana do ensaio, os valores de MS foram significativamente mais elevados no regime Hi75 relativamente aos restantes (Hi0: $p=0,0$, Hi25: $p=0,0$ e Hi50: $p=0,005$). Os valores de N-total e PB também são significativamente mais elevados em Hi50 e Hi75 que nos outros dois regimes (entre Hi50 e Hi0: $p=0,01$ e Hi25: $p=0,032$; entre Hi75 e Hi0: $p<0,001$ e Hi25: $p=0,006$). Na terceira semana as tendências foram semelhantes, o valor de MS foi significativamente mais elevado no regime Hi75 que nos restantes (Hi0: $p=0,02$, Hi25: $p=0,02$ e Hi50: $p=$

0,011). Nos seguintes resultados, N-total e PB, o valor do regime Hi0 foi sempre significativamente menor que os restantes regimes experimentais (N-total Hi25: $p=0,039$, Hi50: $p=0,001$ e Hi75: $p=0,007$; PB Hi25: $p=0,042$, Hi50: $p=0,001$ e Hi75: $p=0,007$). Na quarta semana, no caso de MS, os regimes Hi0 e Hi25 são significativamente menores que os restantes (entre Hi0 e Hi25: $p=0,041$, Hi50: $p=0,037$ e Hi75: $p=0,009$; entre Hi25 e Hi0: $p=0,041$, Hi50: $p=0,001$ e Hi75: $p<0,001$, respetivamente). Os valores de N-total da excreta foram bastante mais elevados nesta semana que nas anteriores e o regime Hi75 teve valores significativamente superiores aos regimes Hi25 e Hi50 ($p=0,033$ e $p=0,002$) e Hi50 foi significativamente superior a Hi0 ($p=0,012$). No teor em PB, o regime Hi50 foi significativamente superior ao regime Hi0 e Hi75 ($p=0,012$ e $p=0,002$, respetivamente) e o valor de Hi25 também foi superior ao de Hi75 ($p=0,03$).

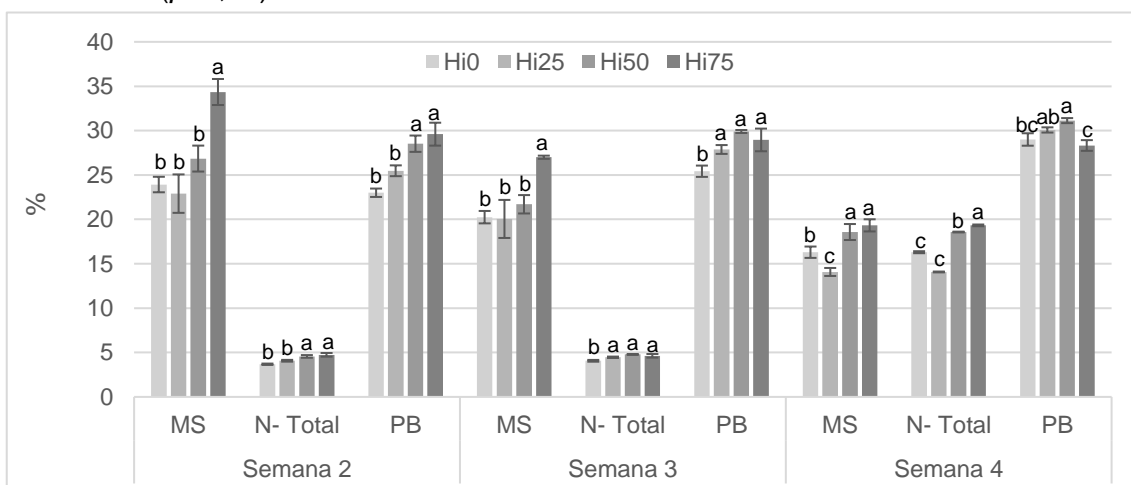


Figura 28 - Representação gráfica das médias dos resultados das análises à excreta. Os valores encontram-se em % de MS (exceto a MS que se encontra em % de produto). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p<0,05$) ($n=16$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

No caso das cinzas e macro minerais Ca e P, na segunda semana do ensaio, o regime Hi75 apresenta o valor mais elevado que os restantes regimes alimentares, exceto em relação ao teor de cinzas de Hi50 (cinzas: $p<0,001$, $p=0,001$; Ca: $p<0,001$, $p=0,004$; $p=0,021$ e P: $p<0,001$, $p=0,002$ e $p=0,033$). Ainda nessa semana, o regime Hi0 foi significativamente menor que todos os regimes (cinzas: $p<0,001$; Ca: $p=0,001$ e $p<0,001$ e P: $p<0,001$). Relativamente à terceira semana de ensaio, tal como acontece nos resultados anteriores, os valores de cinzas, Ca e P, do regime Hi0 foram significativamente menores que os dos restantes regimes experimentais (cinza: $p=0,001$, $p<0,001$; Ca: $p=0,002$, $p<0,001$, $p=0,001$; P: $p=0,003$, $p=0,001$, $p<0,001$, respetivamente). Adicionalmente, o valor de cinzas no regime Hi25 é significativamente menor que Hi75 ($p=0,014$). Na quarta semana do ensaio, a porção de cinzas na excreta foi significativamente mais baixa no regime Hi0 e Hi25 que nos restantes ($p<0,001$). No

caso dos macro minerais, Ca e P, estes apresentam valores significativamente mais baixos para o regime Hi0 que para os restantes (Ca: $p < 0,001$; P: $p = 0,001$, $p < 0,001$).

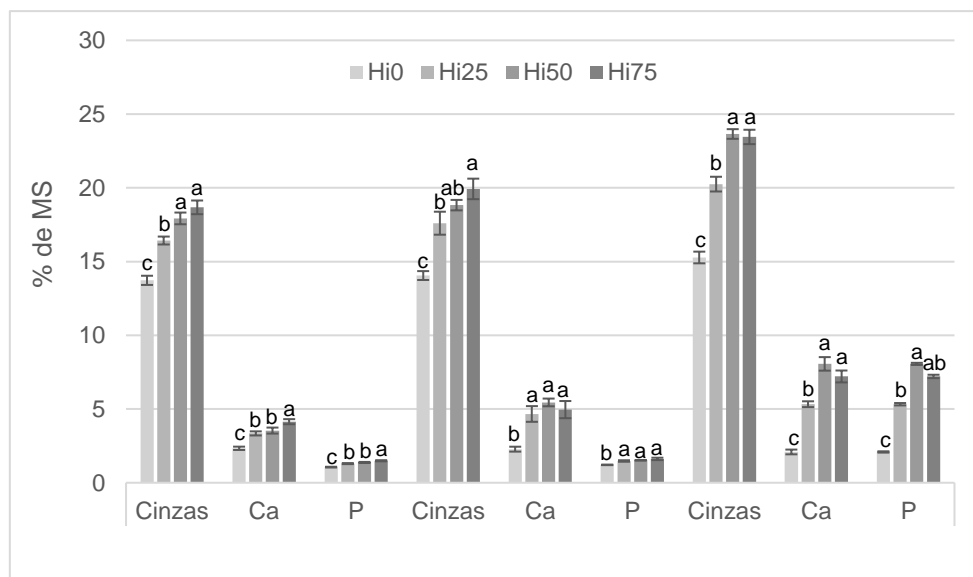


Figura 29 - Representação gráfica das médias dos resultados às cinzas e micro minerais presentes na excreta (em % de MS). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=16$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Além disso, no teor em Ca, o regime Hi25 é significativamente menor que os regimes Hi50 e Hi75 e maior que Hi0 ($p < 0,001$ e $p = 0,002$). No caso do P, Hi25 é significativamente menor que Hi75 ($p = 0,019$).

Relativamente aos resultados da EB da excreta, estes valores só variaram significativamente nas excretas coletadas na terceira e quarta semana do ensaio, onde os valores são mais elevados no regime controlo. Na terceira semana Hi0 é significativamente maior que os regimes Hi50 e Hi75, $p = 0,008$ e $p = 0,02$, respetivamente e, na quarta semana, Hi0 e Hi25 são significativamente diferentes de todos os regimes experimentais, $p = 0,003$, $p = 0,003$, $p = 0,024$, $p < 0,001$, respetivamente). Os seguintes resultados podem ser observados na Figura 29.

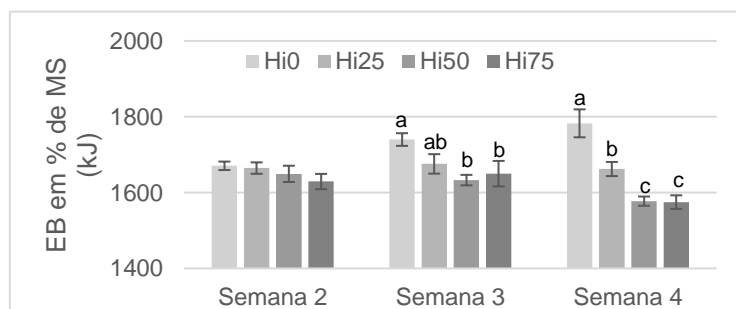


Figura 30 - Representação gráfica das médias dos resultados da EB presente na excreta. Os valores encontram-se em % de MS (kJ). Letras diferentes indicam diferenças significativas ($p < 0.05$) ($n=16$). Hi0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; Hi25- 25% da soja substituída por larvas BSF; Hi50- 50% da soja substituída por larvas BSF; Hi75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

5. Discussão

A necessidade crescente de encontrar novas fontes proteicas para alimentar a população mundial, assim como a elevada procura por matérias-primas para alimentação animal que não provoquem tantas pressões ambientais e sejam, por isso, mais sustentáveis, coloca os insetos em objeto de estudo como potencial fonte nutritiva para criação pecuária. Esta dissertação tem como principal objetivo avaliar os efeitos da incorporação de farinha de larvas BSF como substituto parcial da soja no alimento de frangos de carne.

Deforma a atingir este objetivo, foi projetado um ensaio com quatro grupos de animais submetidos a diferentes regimes alimentares, um controlo e mais três com quantidades crescentes de substituição parcial da incorporação de soja por farinha de larvas BSF (Hi0, Hi25, Hi50 e Hi75). Durante todo o ensaio os animais permaneceram saudáveis, sem sinais de doenças aparentes, sendo a taxa de morbilidade e mortalidade zero em todos os regimes alimentares. Os resultados demonstram algumas alterações significativas ao nível zootécnico, anatómico e de qualidade da carne.

Os dados obtidos relativos ao PV, IC e GMD não divergiram significativamente entre os vários regimes alimentares. No entanto, o GMD significativamente maior do regime Hi75 na última semana do ensaio (4^o semana) poderia alterar estas considerações, caso o estudo tivesse sido prolongado até ao fim da quinta semana, momento em que normalmente ocorre o abate comercial. Mantendo os ganhos com o consumo de alimento reduzido poderia influenciar os valores do IC, tornando as larvas de BSF um alimento mais atrativo para os avicultores. Esta hipótese poderá ser comprovada ou rejeitada apenas através de mais estudos, preferencialmente de maior duração. Apesar de existirem alguns trabalhos focados nesta temática, estes apresentam muitas variáveis sendo difícil a comparação direta deste estudo com os mesmos e entre eles. No estudo de Schiavone *et al.* (2017), em frangos de carne com cinco semanas, os valores de peso vivo final (PVF) são mais elevados nos regimes com inclusão do óleo proveniente de larvas com substituição a 50 e 100% do que no óleo de soja, não chegando a ser significativamente superiores. Por outro lado, num estudo desenvolvido por Dairu *et al.* (2016), com a duração de 26 dias, os valores de PVF foram significativamente mais elevados no regime com maior inclusão de larvas (852,53g no regime de 10% substituição para 671,84g no controlo). Ainda nesse estudo, o consumo de alimento e o IC também foram significativamente superiores neste regime alimentar não garantindo que tenha sido a substituição da soja por farinha de larvas BSF que desencadeou melhores resultados de PVF (Dairu *et al.* 2016). Já Moula *et al.* (2017), no

seu estudo com frangos de duas semanas, também obtiveram PVF superiores no regime experimental (sendo o regime experimental 8% de adição de larvas BSF descongeladas à ração comercial), com menor IC. Todavia, neste estudo com frangos de duas semanas, o GMD foi igual nos dois regimes (controle e experimental) e a diferença de peso médio entre os dois regimes foi inferior a 2 g, levando a crer que é necessário um fornecimento de larvas mais elevado para obter resultados significativos.

Os resultados da ingestão de alimento e água apresentaram maiores discrepâncias relativamente aos resultados anteriores. Na semana 2, o regime Hi0 apresentou um consumo de alimento significativamente menor e uma ingestão de água significativamente maior que nos regimes experimentais. Nos resultados das análises aos lotes de rações podemos observar que o Lote 1 apresenta teores de sódio bastante mais elevados no regime Hi0, possivelmente devido a um erro no momento do fabrico ou formulação das mesmas. Uma vez que os animais foram alimentados com o Lote 1 até ao fim da segunda semana do ensaio, consideramos que esta concentração acrescida de sódio foi muito provavelmente o que desencadeou os consumos irregulares neste regime alimentar. Os resultados, no seu todo, apresentam alguma evidência que a adição de farinha de larvas BSF ao alimento como substituto da soja promove um menor consumo de alimento e água por parte de frangos de carne, enquanto mantém ou aumenta os valores de GMD na fase final do ciclo. A larga escala e a longo prazo esta condição alimentar poderá comportar-se de maneira diferente, mas de acordo com os resultados do corrente ensaio, este consumo menos acentuado poderia diminuir os custos associados à nutrição dos animais da exploração, que representa 60% dos custos da produção agrícola (FEFAC 2018). Num outro estudo com frangos submetidos a um máximo de 15% de substituição da soja por larvas BSF desengorduradas, os consumos médios do regime com mais inclusão de larvas foram aparentemente menores que os restantes. No entanto, os valores de PVF e IC são significativamente piores neste regime, mas melhores com 10% de substituição (Dabbou *et al.* 2018), o que não reflete os resultados do presente ensaio

Quanto à excreta produzida pelos animais e as características da mesma, os regimes com maior inclusão de larvas apresentam excreta significativamente mais leves com teores de MS mais elevados. Este resultado é de grande importância uma vez que excretas com menos teor de MS, como é o caso das amostras do regime Hi0 durante todo o ensaio, vão dar origem a camas mais húmidas, o que potencia problemas nas patas (Aviagen 2014). Por outro lado, a inclusão de BSF mostrou-se muito benéfica nos níveis de Ca e de P. Os resultados das análises aos lotes de rações já demonstraram uma propensão a diferenças significativas nos teores de cinza e de minerais. Estas

diferenças podem ser, pelo menos, uma de duas hipóteses: as alterações observadas são o resultado de um défice na absorção dos macro minerais presentes nos alimentos por parte dos frangos nos regimes Hi50 e Hi75, ou o enriquecimento de minerais providenciado pela farinha de BSF é de tal forma satisfatória que os frangos excretam o excesso. Como os resultados da análise nutricional da carne não apontam para diferenças na concentração de minerais, entre estes e os outros regimes em estudo, a segunda hipótese torna-se mais provável do que a primeira. Józefiak *et al.* (2016) constataram, no seu estudo, que a farinha de BSF fornecia bastante mais Ca que as restantes farinhas de inseto. Em concordância com estes resultados, outros autores sugeriram que grandes quantidades de Ca derivam do Ca presente nas cutículas das larvas (Dashefsky *et al.* 1976; Roseland *et al.* 1985; Tomberlin *et al.* 2002).

Os resultados obtidos relativamente a alterações anatómicas, especialmente em relação ao peso da carcaça, sugerem uma clara distinção de pesos médios relativos entre os fígados dos animais pertencentes ao regime Hi0 e os restantes regimes experimentais; o que pode ser explicado por uma aparente acumulação de gordura nos fígados dos animais pertencentes ao regime Hi0. Schiavone *et al.* (2018) obtiveram, também, resultados de fígados mais pesados no grupo controlo apesar de não serem significativamente diferentes entre grupos (69,1, 66,9 e 64g, respetivamente com os grupos controlo, 50% e 100%). Num outro estudo com codornizes observaram-se, semelhantemente, valores de peso do fígado mais elevados no controlo que nos regimes experimentais, mais uma vez sem significância estatística (Loponte *et al.* 2017). Segundo Hossain e Blair (2007) uma possível explicação para este acontecimento é o facto da quitina ter propriedades hipolipemiantes (fármacos que atuam no controlo do colesterol e triglicéridos), sugerindo que pode haver reduções na quantidade de gordura corporal nos frangos de carne, resultando em indivíduos mais saudáveis.

Contrariamente ao antecipado, não se observaram diferenças significativas no comprimento do ID e ceco, apenas o regime Hi25 diferiu significativamente, com comprimentos relativos ao PC menores para o ID e maiores para o ceco (Biasato *et al.* 2016; Dabbou *et al.* 2018; A Schiavone *et al.* 2018). Adicionalmente, os cecos pertencentes a animais com larvas BSF no seu regime alimentar eram consideravelmente mais escuros quando comparados com o controlo. A incorporação dos nutrientes de origem animal nos regimes alimentares desencadeia reações diferentes nos agentes microbianos presente no ceco consequente da degradação de componentes presentes no corpo das larvas, como a quitina em quitosano, o que pode explicar, pelo menos em parte, as propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias que

as mesmas apresentam (Erickson *et al.* 2004; D.C. Sheppard *et al.* 2007; Swiatkiewicz *et al.* 2015).

Outros resultados contrastantes são relativos ao rendimento da carcaça, nos pesos médios relativos de PC/PV, onde os regimes com maior inclusão de larvas (Hi50 e Hi75) apresentam valores significativamente menores que os restantes regimes (Hi0 e Hi25) (Figura 18). Relativamente ao peso médio do peito esquerdo/PC, os valores do regime Hi75 foram significativamente menores que o regime Hi25. As variações observadas na conformação da carcaça dos animais deste regime (Hi75) podem ter sido afetadas pelo menor teor em PB, notado nas análises deste regime no segundo lote de rações. Apesar de este valor ainda se encontrar dentro do intervalo de requisitos nutricionais disponibilizados pela Aviagen (entre 21-23%), a diferença no fornecimento proteico pode ter despoletado uma dificuldade na otimização da conformação da carcaça dos animais pertencentes ao regime Hi75. Ao testar a influência da variação em 10% da PB e EB nos regimes alimentares verificaram-se alterações na conformação corporal, nomeadamente na diminuição no peso do peito (Marcu *et al.* 2013). Apesar dos regimes com maior substituição terem resultados mais baixos, o regime Hi25 obteve valores médios relativos iguais ou significativamente superiores aos do regime Hi0 nos pesos médios do peito, que garante o potencial da utilização de larvas como MP alternativa às convencionais.

Por outro lado, o teor de EB e HT dos frangos inteiros pertencentes aos regimes alimentares com maior inclusão de larvas, aparentam ser resultados mais atraentes. Os teores de EB, tanto por percentagem de produto, como de MS, são menores nos frangos inteiros do regime Hi0. No caso da HT, os frangos inteiros dos regimes Hi0 e Hi25 apresentavam significativamente mais humidade que os frangos dos regimes experimentais com mais larvas. Muito possivelmente, tais diferenças resultam das diferentes ingestões de alimento, água e a sequente produção e características da excreta de cada um dos regimes experimentais.

A qualidade da carne é avaliada através de vários fatores, entre eles os físicos, como a cor, pH e exsudação da carne dado o aspeto e textura da carne serem pontos cruciais para a aceitação pelo consumidor (D. L. L. Fletcher 2002). A cor da carne está relacionada com a presença de pigmentos de mioglobina, hemoglobina e citocromo C nas fibras musculares, onde a carne de aves apresenta concentrações mais baixas de mioglobina que as outras espécies pecuárias como a vaca e o porco (Millar *et al.* 1994; Fronning 1995). Valores de L* elevados são um indicador de má qualidade da carne, onde esta se torna pálida, perde estrutura devido ao baixo valor de pH e perde mais

água, sendo designada por PSE (*Pale soft exudative*) (Chen *et al.* 2013). Relativamente às características da carne do ensaio, registam-se diferenças essencialmente ao nível da cor ao longo do armazenamento. Os resultados que obtivemos 24 horas após o abate indicam que a carne de todos os regimes apresenta uma luminosidade, L^* , dentro dos valores considerados normais (entre 48 e 56)., Apesar de aumentarem em todos os regimes analisados, os valores mantiveram-se no intervalo estipulado até ao último dia de armazenamento. Os valores variaram entre regimes após a primeira medição, onde o regime Hi50 apresentou uma carne com uma cor mais intensa que Hi0 e Hi25, resultado de a carne possuir mais tons amarelos (b^*). Por outro lado, o regime Hi0 teve níveis de claridade maiores que os regimes experimentais na maioria das medições, respetiva ao elevado valor de H^* . Apesar destas diferenças, não é provável que um consumidor final encontrasse dissemelhanças entre os peitos de frangos pertencentes a cada um dos regimes. Estas características não parecem diminuir a qualidade da carne nos regimes com inclusão de larvas. Este resultado oferece alguma garantia que a substituição da soja por farinha de larvas de BSF não se destaca negativamente relativamente à cor dos peitos, sendo que esta característica influencia muito a intenção de compra por parte do consumidor (Allen *et al.* 1998; D. L. Fletcher 1999; Qiao *et al.* 2002). De acordo com um estudo recente, cuja substituição de soja por farinha de BSF ocorreu a menor escala (0, 5, 10 e 15% de substituição), os valores de C^* são ligeiramente menores ou iguais, enquanto que os valores de H^* são bastante maiores que os do corrente estudo (entre 86,70 e 87,38) (Pieterse *et al.* 2018). No entanto, os valores mencionados foram medidos logo após o abate e não depois de um período de armazenamento para além de não diferenciarem significativamente entre si, possivelmente consequente da baixa taxa de substituição. Um estudo semelhante (até 15% substituição), obteve valores de b^* semelhantes ao deste ensaio e com L^* ligeiramente mais elevado com menor percentagem de substituição de soja (Uushona 2015). Outro estudo, com 50 e 100% de substituição da soja por farinha de BSF obteve valores bastante menores referentes à vermelhidão da carne, com valores b^* ligeiramente menores (Schiaivone *et al.* 2017). No fim do período de armazenamento do estudo referido (9 dias) os valores de L^* e b^* diminuíram e os de a^* aumentaram, exatamente o contrário do que aconteceu no presente estudo ao 6º dia de armazenamento. Dairu *et al.* (2016) obtiveram resultados bastante mais elevados para o valor de a^* e b^* e, apesar destes valores não apresentarem diferenças significativas entre si, são quase o dobro dos obtidos no presente estudo. Estas variações podem ter sucedido dos diferentes modos de armazenamento, produção dos animais e/ou potenciais stresses que tenha sofrido no ciclo de crescimento até ao abate (Froning *et al.* 1978; Li *et al.* 2011; Mir *et al.* 2017; Petracci *et al.* 2015).

Os valores de pH da carne não variaram entre regimes, mas foram mais elevados do que a literatura apresenta como comum (5,8 e 6). Os valores de pH da carne são muito importantes pois carne com o valor de pH muito baixo, <5,8, atingem um ponto isoelétrico proteico onde as fibras musculares perdem a capacidade de absorver água, resultando em carne menos tenra, com uma aparência mais translúcida e suscetível a ter perdas maiores na cozedura (Anadón 2002; Barbut 1993; Barbut *et al.* 2008; Duclos *et al.* 2007; Froning *et al.* 1978; Petracci *et al.* 2004). Uma vez que a carne perde mais qualidade com a diminuição do pH do que com o aumento, o valor registado não foi considerado preocupante. Este poderá influenciar a carne a ter cores ligeiramente mais escuras e, em casos mais graves, poderá desenvolver maus odores e potenciais contaminações microbianas com o aumento do período de armazenamento (Allen *et al.* 1997; Barbut *et al.* 2008; D. L. Fletcher 1999). Na generalidade de estudos com substituições parciais e totais da soja por larvas BSF, as variações nos valores de pH encontram-se dentro do intervalo normal, com o excedente máximo de 6,6 (Onsongo 2017; Pieterse *et al.* 2018; Schiavone *et al.* 2017; Uushona 2015).

Nas perdas por exsudação só se detetaram diferenças em duas medições com o regime Hi50 a ter perdas mais elevadas que os outros regimes, não diferindo os regimes Hi25 e Hi75 com o controlo. No entanto, estes valores de perdas por exsudado não são elevados e, quando relacionado com os valores de pH e de cor não se prevê que estes fatores deteriorem a qualidade da carne (Barbut 1993). A capacidade de retenção de água por parte da carne influencia diretamente a sua cor e textura, uma vez que se a água associada aos espaços intracelulares das proteínas musculares se perder em grande quantidade, a carne desincha, resultando na perda de firmeza e numa alteração das reações bioquímicas dos pigmentos (Anadón 2002; Mir *et al.* 2017). Assim, compreende-se melhor os resultados do regime Hi50 referentes à cor e o seu comportamento ao longo do armazenamento. Pieterse *et al.* (2018) obteve resultados ligeiramente maiores de perdas no exsudado, com o valor mais baixo a pertencer ao regime com maior inclusão de larvas (15% de substituição), semelhante ao que aconteceu nos nossos resultados no fim do período de armazenamento. Noutros estudos com utilização de insetos, os valores de perda de água por exsudação são normais, e, nalguns estudos, menores nos regimes com inclusão de larvas, contrariando as características encontradas na carne PSE (Barbut 1993; Onsongo 2017; Pieterse *et al.* 2018; Schiavone *et al.* 2017; Uushona 2015).

Em todas as análises aos valores nutricionais da carne do peito dos frangos, o regime Hi25 apresenta valores significativamente mais elevados que alguns regimes. Apesar de existirem diferenças significativas nestes resultados, os valores nutricionais obtidos

encontram-se todos dentro do intervalo normal apresentado pela bibliografia (Culioli *et al.*, 2003; Qiao *et al.* 2002). Noutros estudos com utilização de larvas BSF, os resultados variaram mais. No ensaio de Pieterse *et al.* (2018), estes foram mais elevados que o presente estudo em todos os grupos alimentares (aproximadamente 29% PB e 1,2% cinzas). Já no ensaio de Schiavone *et al.* (2017), onde a substituição de soja por larvas foi 50 e 100%, os resultados de MS foram semelhantes, mas o teor de PB era menor que o obtido no corrente estudo (19% e 22%, respetivamente). Os resultados das análises executadas na carne dos músculos peitorais dos frangos deste ensaio, de aparência ou nutricionais, demonstram que da substituição do bagaço e do óleo de soja por farinha de BSF não advêm efeitos indesejados nas características ou qualidade da carne. Em estudos futuros deve-se continuar a avaliar a influência das larvas na carne dos frangos, assim como a influência no sabor, e perceber a adesão a este produto por parte dos consumidores, que será um fator chave ao setor de produção de insetos.

Também observámos que, embora os regimes alimentares tenham sido formulados para serem isoenergéticos e isoproteicos, os resultados das análises não apresentam tal rigor. Para além do mencionado anteriormente referente aos lotes de rações (excesso de sódio no regime Hi0 do lote 1 e a variação de quase 3% nos teores de PB do regime Hi75 no lote 2), os valores de EB do lote 1 foram ligeiramente superiores no regime Hi75, e variaram bastante no lote 2 entre Hi50 e Hi75, sendo o valor mais baixo e mais alto, respetivamente. Esta variação pode ter ocorrido resultado de uma subestimação do potencial energético das larvas, erro na formulação ou no fabrico, uma vez que todas as rações do ensaio foram elaboradas manualmente (Marcu *et al.* 2013).

Os valores obtidos pela University of Georgia (Dr. Adams Davis) relativos à constituição das larvas foram normais, exceto o valor de GB que ficou ligeiramente abaixo do esperado (26% a 35%), e os níveis de AA são bastante satisfatórios (Bosch *et al.* 2014; Makkar *et al.* 2014; De Marco *et al.* 2015; Onsongo 2017; Tschirner e Simon 2015). Uma vez que o substrato composto onde as larvas se desenvolveram satisfazia todos os seus requisitos nutricionais, sugere-se que ter sido a coleta de larvas poderá ter influenciado os teores de GB ainda num instar precoce ao ideal (Liu *et al.* 2017). A farinha de BSF apresentou bons valores na quantidade de AA presentes sendo a digestibilidade média geral acima dos 82% (exceto no caso da CYS e da glicina (GLY) que foi aproximadamente 62% e 52%, respetivamente). Estes valores de digestibilidade encontram-se ligeiramente abaixo do encontrado na bibliografia (por volta dos 90%) e tal pode ter resultado do processo de secagem das larvas (que durou o dobro do tempo geralmente exercido, para chegar a peso constante)(De Marco *et al.* 2015; Ramos-Elorduy *et al.* 1997).

Adicionalmente ao discutido sobre os resultados das análises à excreta, acrescenta-se que, apesar do regime Hi75, e por vezes o Hi50, se terem observado valores significativamente mais elevados que os restantes na maioria dos fatores de análise, tal não aconteceu para os valores de EB da excreta. Nas duas últimas semanas do ensaio, o regime controlo teve valores significativamente mais elevados que os restantes (exceto Hi25 na semana 3). Embora tenha existido uma discrepância nos valores calorimétricos no segundo lote, esta ocorreu entre os regimes Hi50 e Hi75, apresentando o Hi0 valores no intervalo normal. A falta de estudos focados na quantidade e características de excreta produzida por frangos de carne, quer em regimes alimentares vulgares, quer com integração de larvas, dificulta a interpretação mais pormenorizada dos resultados. No entanto, a dissemelhança nestes resultados pode estar relacionada com a dificuldade acrescida de excretar proteína de menor qualidade, neste caso a soja (Aviagen 2014).

Os animais utilizados no ensaio não apresentaram indícios de doenças, embora todos os regimes tenham apresentado indícios de desconforto térmico nos dias mais quentes da terceira semana do ensaio. Interessantemente, a resistência a doenças e a resposta imunológica dos frangos foi sugerida como sendo beneficiada por propriedades imunológicas das larvas (nomeadamente através da presença de quitina), noutros estudos, apesar de serem necessários mais resultados para suportar esta hipótese (Griminger e Scanes, 1986 in: Sturkie 1986; Geier *et al.* 2009; Patterson e Burkholder 2008).

À escala comercial, os resultados zootécnicos dos animais podem revelar-se diferentes e apresentar variabilidades face ao presente estudo, estando estes dependentes dos modos de apresentação dos alimentos, produção das larvas e do seu processamento (substratos utilizados, tratamento e modo de inclusão na dieta). Existe, por isso, uma grande margem para otimizar não só o modo de utilização deste alimento, como as características das larvas de modo a satisfazer melhor nutricionalmente e potenciar melhorias no ciclo de produção dos frangos de carne. Neste sentido, haverá um crescimento do setor e no número de estudos que permitirão tirar conclusões mais significativas, apenas quando a legislação europeia permitir a integração de proteína animal de espécies de inseto nos alimentos compostos para monogástricos,

Flutuações observadas nos resultados do corrente estudo, poderão ter ocorrido no seguimento do processamento das larvas, fabrico das rações, influências externas (como a temperatura) ou erro humano. Os resultados demonstram que as larvas de BSF apresentam benefícios ao ciclo de produção de frangos de carne quando incorporadas

nos regimes alimentares face à soja. Estas vantagens apresentam-se quer na sua performance e qualidade de produto final, quer no bem-estar animal, dadas as propriedades benígnas que as larvas promovem à saúde do organismo, assim como na menor propensão para camas húmidas e problemas de patas, resultante de excreta com a maior teor de MS (Aviagen 2014; D.C. Sheppard *et al.* 2007; Swiatkiewicz *et al.* 2015). Adicionalmente, as larvas apresentam a vantagem ambiental de serem vorazes decompositores de matéria orgânica e promover a reciclagem de nutrientes anteriormente descartados e contribuidores para emissões de carbono, potenciando uma melhoria na cadeia de gestão de restos orgânicos e efluentes (Choi *et al.* 2009; Diener *et al.* 2011; Lalander *et al.* 2014; Nguyen *et al.* 2015; Salomone *et al.* 2016b; Zhou *et al.* 2013).

6. Conclusão

A análise dos resultados permitiu concluir que a inclusão de larvas de BSF no regime alimentar de frangos de carne não resulta em diferenças significativas quando comparada com o regime alimentar convencional, para as percentagens de substituição utilizadas. As respostas em relação à performance zootécnica e características de qualidade da carne semelhantes entre todos os regimes alimentares testados. Não se registaram consequências no ciclo de produção, na performance e saúde dos animais e no produto final. Pelo contrário, os frangos dos regimes experimentais com BSF, devido à excreta com maior teor de MS, apresentam maior capacidade para preservarem as camas secas e assim diminuir a propensão a doenças de patas e problemas na locomoção.

Em acrescento, as larvas de BSF apresentam características nutricionais e vantagens produtivas que as tornam numa fonte nutricional sustentável e mitigadora de desperdícios, podendo ser incorporadas como matéria-prima para alimentação animal em maior ou menor percentagem, conforme os interesses individuais de cada exploração e os requisitos nutricionais da espécie em causa, sem existirem desvantagens económicas para a saúde dos animais. Em concordância com estudos anteriores, o presente ensaio indicia que BSF contribui beneficemente para o estado de saúde dos frangos de carne.

7. Referências

- Agunbiade, Jubril A., Olajide A. Adeyemi, Olukemi M. Ashiru & H.A. Awojobi. 2007. "Replacement of Fishmeal with Maggot Meal in Cassava-Meal Based Layer Diet." *The journal of poultry Science* 44(October 2006): 278–82.
- Al-Sheraji, Sadeq Hasan Amin Ismail, Mohd Yazid Manap, Shuhaimi Mustafa, Rokiah Mohd Yusof & Fouad Abdulrahman Hassan. 2013. "Prebiotics as Functional Foods: A Review." *Journal of Functional Foods* 5(4): 1542–53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.009>.
- Allen, C D, S M Russell & D L Fletcher. 1997. "The Relationship of Broiler Breast Meat Color and PH to Shelf-Life and Odor Development." 76: 1042–46.
- Allen, C D. 1998. "The Relationship of Broiler Breast Meat Color to Meat Quality and Shelf-Life." *Poultry Science* 77: 361–66.
- Amerah, A M, V Ravindran, R G Lentle & D G Thomas. 2007. "Feed Particle Size : Implications on The." *World's Poultry Science Journal* 63(September): 439–55.
- Anadón, H.L.S. 2002. faculty of Virginia "Biological, Nutritional, and Processing Factors Affecting Breast Meat Quality of Broilers." Polytechnic Institute of Virginia. <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-02212002-113821/>.
- Aviagen. 2014. *Aviagen Ross Broiler Management Handbook*.
- Banks, Ian J, Walter T Gibson & Mary M Cameron. 2014. "Growth Rates of Black Soldier Fly Larvae Fed on Fresh Human Faeces and Their Implication for Improving Sanitation." *Tropical Medecine and International Health* 19(1): 14–22.
- Barbut, S. 1993. "Colour Measurements for Evaluating the Pale Soft Exudative (PSE) Occurrence in Turkey Meat." *Food Research International* 26: 39–43.
- Barbut, S. 2008. "Progress in Reducing the Pale, Soft and Exudative (PSE) Problem in Pork and Poultry Meat." *Meat Science* 79: 46–63.
- Barros, Luana. 2017. "Manaus, Amazonas Maio, 2017." Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA.
- Biasato M., De Marco I., Rotolo, Renna, Lussiana, Dabbou S., Capucchio, Biasibetti, Costa, Gai, Pozzo, Dezzutto D., Bergagna S., Martínez, Tarantola, Gasco L. & Schiavone A. 2016. "Effects of Dietary Tenebrio Molitor Meal Inclusion in Free-Range Chickens." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100(6): 1104–12.
- Bosch, Guido, Zhang Sheng, Dennis G.A.B. Oonincx & Wouter H. Hendriks. 2014. "Protein Quality of Insects as Potential for Dog and Cat Foods." *Journal of nutritional science* 3(e29): 1–4.
- Capper, J. L. 2013. "Should We Reject Animal Source Foods to Save the Planet? A Review of the Sustainability of Global Livestock Production." *South African Journal of Animal Sciences* 43(3): 233–46.
- Chagneau, A. M. D. Bessonneau, C. Bouchot, P. Lescoat, M. Picard & M. Lessire. 2006. "Broiler Short-Term Feed Preferences Measured with SRAbbox, a New Feed Choice Procedure." *Poultry Science* 85(4): 808–15.
- Chen, X., Jiang W., Tan H. Z, Xu G. F., Zhang X. B., Wei S. & Wang X. Q. 2013. "Effects of Outdoor Access on Growth Performance, Carcass Composition, and

- Meat Characteristics of Broiler Chickens.” *Poultry Science* 92: 435–43.
- Choi, Youngcheol, Choi, J.Y., Kim, J.G. & Kim M.S. 2009. “Potential Usage of Food Waste as a Natural Fertilizer after Digestion by *Hermetia Illucens* (Diptera : Stratiomyidae).” *International Journal of Industrial Entomology* 19(1): 171–74.
- Cordell, Dana, Jan-olof Drangert & Stuart White. 2009. “The Story of Phosphorus : Global Food Security and Food for Thought.” *Global Environmental Change* 19: 292–305.
- Cullere, Marco, Giulia Tasoniero, V. Giaccone, Gabriele Acuti, A. Marangon & Antonella Dalle Zotte. 2016. “Black Soldier Fly as Dietary Protein Source for Broiler Quails : Apparent Digestibility , Excreta Microbial Load , Feed Choice Apparent Digestibility , Excreta Microbial Load , Feed Choice ,.” *Animal (Junho)*: 1–8.
- Culioli, J., Berri, C. & Mouro, J. (2003). Muscle foods: consumption, composition and quality. Sciences des Aliments (France).
- Cutrignelli, Mia, Messina, Tulli, Randazzo, Olivotto, Gasco, Loponte & Bovera. 2018. “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* 117(June 2017): 209–15. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.12.020>.
- Dabbou, Sihem, Gai F, Biasato I, Capucchio MT, Biasibetti E, Dezzutto D, Meneguz M, Plachà I, Gasco L & Schiavone A. 2018. “Black Soldier Fly Defatted Meal as a Dietary Protein Source for Broiler Chickens : Effects on Growth Performance , Blood Traits , Gut Morphology and Histological Features.” *Journal of Animal Science and Biotechnology* 9(49): 1–10.
- Dashefsky, H S, D L Anderson & E N Tobin. 1976. “Face Fly Pupae: A Potential Feed Supplement for Poultry.” : 1972–74.
- Diener, S., Zurbrugg, C., Roa Gutiérrez, F., Nguyen Dang Hong Morel, A., Koottatep, T. & Tockner, K. 2011. “Black Soldier Fly Larvae for Organic Waste Treatment–Prospects and Constraints.” *proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries* 52(2): 978–84.
- Diener, Stefan, Christian Zurbr & Klement Tockner. 2009. “Conversion of Organic Material by Black Soldier Fly Larvae : Establishing Optimal Feeding Rates.” *Waste Management & Research* (July 2016).
- Dobermann, D, J A Swift & L M Field. 2017. “Opportunities and Hurdles of Edible Insects for Food and Feed.” : 293–308.
- Donkoh, A. 1989. “Ambient Temperature: A Factor Affecting Performance and Physiological Response of Broiler Chickens.” *International Journal of Biometeorology* 33: 259–65.
- Doreau, M., M. S. Corson & S. G. Wiedemann. 2012. “Water Use by Livestock: A Global Perspective for a Regional Issue?” *Animal Frontiers* 2(2): 9–16. <https://academic.oup.com/af/article/2/2/9-16/4638620>.
- Duclos, M. J., C. Berri & E. Le Bihan-Duval. 2007. “Muscle Growth and Meat Quality.” *Journal of Applied Poultry Research* 16(1): 107–12.
- Elwert, C., I. Knips & P. Katz. 2010. “A Novel Protein Source: Maggot Meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) in Broiler Feed.” *Tagung Schweine- und*

- Geflügelernährung* 11(November 2010): 140–42.
http://www.feedtest.de/Publikationen/2010_SGE_Hermetia_meal.pdf.
- European Feed Manufacturers' Federation (FEFAC). *FEFAC Annual Report 2017-2018*; FEFAC: Bruxelles, Belgica, 2018
- Erickson, Marlyn C., Islam M, Sheppard C, Liao J & Doyle MP. 2004. "Reduction of Escherichia Coli O157:H7 and Salmonella Enterica Serovar Enteritidis in Chicken Manure by Larvae of the Black Soldier Fly." *Journal of Food Protection* 67(4): 685–90. <http://jfoodprotection.org/doi/abs/10.4315/0362-028X-67.4.685>.
- Finke, Mark D. 2013. "Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects." 36(September 2011): 27–36.
- Fletcher, D. L. 1999. "Broiler Breast Meat Color Variation, PH, and Texture." *Poultry Science* 78: 1323–27.
- Fletcher, D.L. L. 2002. "Poultry Meat Quality." *World's Poultry Science Journal* 58(2): 131–45. <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/poultry-meat-quality/08675BA8E31975D7138CC0C3CA093B59>.
- Froning, G. W., A. S Babji & F. B Mather. 1978. "The Effect of Preslaughter Temperature, Stress, Struggle and Anesthetization on Color and Textural Characteristics of Turkey Muscle." *Poultry Science* 57(3): 630–33.
- Froning, G. W., 1995. Color of poultry meat. *Poult. Avian Biol. Rev.* 6(1):83–93.
- Geier, M. S., Torok VA, Allison GE, Ophel-Keller K & Hughes RJ. 2009. "Indigestible Carbohydrates Alter the Intestinal Microbiota but Do Not Influence the Performance of Broiler Chickens." *Journal of Applied Microbiology* 106(5): 1540–48.
- Gerber, P.J., Steinfeld H., Wassenaar T., & Opio C. 2013. *Tackling Climate Change through Livestock*. FAO.
- Griminger, P., Scanes, C.G., 1986. Protein metabolism. In: Sturkie, P.D. (Ed.), *Avian Physiology*, fourth ed. Springer Verlag, New York, pp. 326–345.
- Haitook, T. (2006). Study on Chicken Meat Production for Small Scale Farmers in Northeast Thailand (Vol. 87). kassel university press GmbH.
- Herrero, Mario Stefan Wirsenius, Benjamin Henderson, Cyrille Rigolot, Philip Thornton, Petr Havlík, Imke de Boer e Pierre J. Gerber 2015. "Livestock and the Environment : What Have We Learned in the Past Decade ?" *The Annual Review of Environment and Resources* 40: 177–202.
- Hossain, S. M. & R. Blair. 2007. "Chitin Utilisation by Broilers and Its Effect on Body Composition and Blood Metabolites." *British Poultry Science* 48(1): 33–38.
- Van Huis, Arnold. 2013. 171 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) *Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security*.
- Van Huis, Arnold & Dennis G.A.B. Oonincx. 2017. "The Environmental Sustainability of Insects as Food and Feed. A Review." *Agronomy for Sustainable Development* 37(43): 1–14.
- ISO/DIS 13906. 2006, Animal feeding stuffs – Determination of acid detergent fibre (ADF) and acid detergent lignin (ADL) contents
- ISO/DIS 16472. 2005, Animal feeding stuffs – Determination of amylase-treated neutral detergent fibre content (aNDF)

- Józefiak, Damian, Jozefiak, A., Kieronczyk B. & Rawski M. 2016. "Insects-a Natural Nutrient Source for Poultry- a Review." *Annals of Animal Science* 16(2): 297–313.
- Jucker, Costanza, Erba D, Leonardi MG, Lupi D & Savoldelli S. 2017. "Assessment of Vegetable and Fruit Substrates as Potential Rearing Media for *Hermetia Illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Larvae." *Environmental Entomology* 20(10): 1–9.
- Kierończyk, Bartosz, Rawskiab M., Józefiakc A., Mazurkiewicz J., Świątkiewicz S., Siwek M., Bednarczyk M., Szumacher-Strabel M., Cieślak A., Benzertiha A. & Józefiak D. 2018. "Effects of Replacing Soybean Oil with Selected Insect Fats on Broilers." *Animal Feed Science and Technology* 240(November 2017): 170–83.
- Lalander, Cecilia, Diener S., Magri M.E., Zurbrügg C., Lindström A. & Vinnerås B. 2013. "Faecal Sludge Management with the Larvae of the Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) — From a Hygiene Aspect." *Science of the total Environment* 458–460: 312–18.
- Lalander, Cecilia H, Jørgen Fidjeland & Stefan Diener. 2014. "High Waste-to-Biomass Conversion and Efficient Salmonella Spp . Reduction Using Black Soldier Fly for Waste Recycling." *Agronomy for Sustainable Development* (Julho).
- Li, Qing Zheng L., Cai H., Garza E., Yu Z. & Zhou S. 2011. "From Organic Waste to Biodiesel : Black Soldier Fly , *Hermetia Illucens* , Makes It Feasible." *Fuel* 90(4): 1545–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2010.11.016>.
- Liu, X. Chen X., Wang H., Yang Q., Ur Rehman K., Li W., Cai M., Li Q., Mazza L., Zhang J., Yu Z. & Zheng L. 2017. "Dynamic Changes of Nutrient Composition throughout the Entire Life Cycle of Black Soldier Fly." *PLoS ONE* 12(8): 1–22.
- Loponte, Rosa, Nizza S., Bovera F., De Riu N., Fliegerova K., Lombardi P., Vassalotti G., Mastellone V., Nizza A. & Moniello G. 2017. "Research in Veterinary Science Growth Performance , Blood profiles and Carcass Traits of Barbary Partridge (*Alectoris Barbara*) Fed Two Di Ff Erent Insect Larvae Meals (*Tenebrio Molitor* and *Hermetia Illucens*)." *Research in Veterinary Science* 115(April): 183–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.04.017>.
- Makkar, Harinder P.S., Gilles Tran, Valérie Heuzé & Philippe Ankers. 2014a. "State-of-the-Art on Use of Insects as Animal Feed." *Animal Feed Science and Technology* 197: 1–33.
- Makkar, Harinder P S, Gilles Tran, Valérie Heuzé & Philippe Ankers. 2014b. "State-of-the-Art on Use of Insects as Animal Feed." *Animal Feed Science and Technology* 197(November 2014): 1–33.
- De Marco, M., Silvia Martínez, F. Hernandez, Madrid J., Gai F., Rotolo L., Belforti M., Bergero D., Katz D., Dabbou S., Kovitvadhi A., Zoccarato I., Gasco L. & Schiavone A. 2015. "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.Pdf." *Animal Feed Science and Technology* 209: 211–18.
- Marcu, A., Vacaru-Oprîș I., Dumitrescu G., Marcu A., Petculescu Ciochină L., Nicula M., Dronca D. & Kelciiov B. 2013. "Effect of Diets with Different Energy and Protein Levels on Breast Muscle Characteristics of Broiler Chickens." 46(1): 333–40.
- Marono, S , Loponte R., Lombardi P., Vassalotti G., Pero ME., Russo F., Gasco L., Parisi G., Piccolo G., Nizza S., Di Meo C., Attia YA. & Bovera F. 2017. "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 96: 1783–90.

- Marshall, S. A., Woodley N. E. & Martin Hauser. 2015. "The Historical Spread of the Black Soldier Fly , *Hermetia Illucens* (L .) (Diptera , Stratiomyidae , Hermetiinae), and Its Establishment in Canada . The Historical Spread of the Black Soldier Fly , *Hermetia Illucens* (L .) (Diptera , Stratiomyidae , ." *Journal of the Kansas Entomological Society* 146(January): 51–54.
- Maurer, V., Holinger M., Amsler Z., Fruh B., Wohlfahrt J., Stamer A. & Leiber F.2016. "Replacement of Soybean Cake by *Hermetia Illucens* Meal in Diets for Layers Abstract." *Journal of Insects as Food and Feed* 2(2): 83–90.
- Millar, S., Rachel Wilson, B. W. Moss & D. A. Ledward. 1994. "Oxymyoglobin Formation in Meat and Poultry." *Meat Science* 36: 397–406.
- Mir, N. A., Rafiq A., Kumar F., Singh V. & Shukla V. 2017. "Determinants of Broiler Chicken Meat Quality and Factors Affecting Them: A Review." *Journal of Food Science and Technology* 54(10): 2997–3009.
- Mottet, A., de Haan C., Falcucci A., Tempio G., Opio C. & Gerber P. 2017. "Livestock : On Our Plates or Eating at Our Table ? A New Analysis of the Feed / Food Debate." *Global Food Security*. 1–8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.001>.
- Moula, N, Hornick, J.-L.; Cabaraux, J.-F.; Korsak, N.; Daube, G.; Dawans, E.; Antoine, N.; Taminiau, B. & Detilleux, J. 2018. "Effects of Dietary Black Soldier Fly Larvae on Performance of Broilers Mediated or Not through Changes in Microbiota." *Journal of Insects as Food and Feed* 4(1): 31–41.
- Moula, N., Scippo ML., Douny C., Degand G., Dawans E., Cabaraux JF., Hornick JL., Medigo RC., Leroy P., Francis F. & Detilleux J. 2017. "Performances of Local Poultry Breed Fed Black Soldier Fly Larvae Reared on Horse Manure." *Animal Nutrition*. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.10.002>.
- Myers, Heidi M, Jeffery K Tomberlin, Barry D Lambert & David Kattes. 2008. "Development of Black Soldier Fly (Diptera : Stratiomyidae) Larvae Fed Dairy Manure." *Physiological Ecology* 37(2008): 11–15.
- Nguyen, Trinh T X, Jeffery K Tomberlin & Sherah Vanlaerhoven. 2015. "Ability of Black Soldier Fly (Diptera : Stratiomyidae) Larvae to Recycle Food Waste." *Physiological Ecology* 44(2): 406–10.
- Nota Técnica 2/91, Determinação da capacidade calorífica efetiva de um calorímetro. Melo, Isabel; Faria, Teresa e Patrício, Rosa, Estação Zootécnica Nacional.
- Nota Técnica 3/91, Determinação da energia bruta em alimentos para animais com calorímetro adiabático. Melo, Isabel; Faria, Teresa e Patrício, Rosa, Estação Zootécnica Nacional.
- Nowak, Verena, Diedelinde Persijn, Doris Rittenschober e U Ruth Charrondiere. 2016. "Review of Food Composition Data for Edible Insects Q." *Food Chemistry* 193: 39–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.114>.
- NP 137. 2009, Alimentos para animais. Determinação do teor de azoto e cálculo do teor de proteína bruta; Parte 2: Método da mineralização em bloco e destilação pelo vapor (ISSO 5983-2:2009)
- NP 874. 2000, Alimentos para animais. Determinação do teor de fósforo total. Métodos espectrométrico.
- NP 875. 1994, Alimentos para animais. Determinação do teor de humidade

- NP ISO 5984. 2014, Alimentos para animais. Determinação da cinza bruta
- NP ISO 6492. 2014, Alimentos para animais. Determinação do teor de gordura
- NP ISO 6865. 2009, Alimentos para animais. Determinação do teor de celulose bruta. Método com filtração intermédia
- NP ISO 6869. 2007, Alimentos para animais. Determinação dos teores de cálcio, cobre, ferro, magnésio, manganês, potássio, sódio e zinco. Método por espectrometria de absorção atômica (ISSO 6869:2000)
- Onsongo, Victor. 2017. "Performance and Meat Quality of Broiler Chicken Fed Diets Enriched With Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae Meal." Nairobi.
- Oonincx, Dennis G A B., van Itterbeeck J., Heetkamp M., van den Brand H., van Loon J. J. A. & van Huis A. 2010. "An Exploration on Greenhouse Gas and Ammonia Production by Insect Species Suitable for Animal or Human Consumption." *Plos One* 5(12): 1–7.
- Patterson, J A. & K M Burkholder. 2008. "Application of Prebiotics and Probiotics in Meat Products." : 627–31.
- Petracci, M., M. Betti, M. Bianchi & C. Cavani. 2004. "Color Variation and Characterization of Broiler Breast Meat during Processing in Italy." *Poultry Science* 83(12): 2086–92.
- Petracci, M., S. Mudalal, F. Soglia & C. Cavani. 2015. "Meat Quality in Fast-Growing Broiler Chickens." *World's Poultry Science Journal* 71: 363–74.
- Pieterse, E., Q. Pretorius, L. C. Hoffman & D. W. Drew. 2014. "The Carcass Quality, Meat Quality and Sensory Characteristics of Broilers Raised on Diets Containing Either *Musca Domestica* Larvae Meal, Fish Meal or Soya Bean Meal as the Main Protein Source." *Animal Production Science* 54: 622–28.
- Pieterse, Elsje, Sara W. Erasmus, Tulimo Uushona & Louwrens C. Hoffman. 2018. "Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Pre-Pupae Meal as a Dietary Protein Source for Broiler Production Ensures a Tasty Chicken with Standard Meat Quality for Every Pot." *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Qiao, M., D. L. Fletcher, J. K. Northcutt & D. P. Smith. 2002. "The Relationship between Raw Broiler Breast Meat Color and Composition." *Poultry Science* 81: 422–27.
- Ramos-elorduy, J., Moreno, J.; Escamilla-Prado, E.A.varado-Perez, M.L.gunez-Otero & J.L.dron-De-Guevara, O. 1997. "Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca , Mexico." *Journal of Food Composition and Analysis* 10(FC970530): 142–57.
- Rockström, Johan, Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, III, F.S., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B.H., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, C. & Foley, J.. 2009. "A Safe Operating Space for Humanity." *Nature* 461(September): 472–75.
- Roseland, Craig R. Grodowitz M.J., Kramer K. J., Hopkins T. L. & Bolivar Broce A. 1985. "Stabilization of Mineralized and Sclerotized Puparial Cuticle of Muscid Flies." *Insect Biochemistry* 15(4): 521–28.

- Salomone, R. Saija, G., Mondello, G., Giannetto, A., Fasulo, S. & Savastano, D. 2016a. "Environmental Impact of Food Waste Bioconversion by Insects: Application of Life Cycle Assessment to Process Using *Hermetia Illucens*." *Journal of Cleaner Production* 140: 890–905. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>.
- Salomone, R., Saija G., Mondello G., Fasulo S. & Savastano D. 2016b. "Environmental Impact of Food Waste Bioconversion by Insects: Application of Life Cycle Assessment to Process Using *Hermetia Illucens*." *Journal of Cleaner Production* 68. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.154>.
- Sánchez-muros, María-josé, Barroso F.G. & Manzano-Agugliaro F. 2014. "Insect Meal as Renewable Source of Food for Animal Feeding : A Review." *Journal of Cleaner Production* 65: 16–27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>.
- Sanfelice, Cristiane Mendes A.A., Komiyama C. M., Canizares M. C., Rodrigues L., Canizares G.I., Roça R.O., Almeida I.C.L., Balog A., Milbradt E.L. & Cardoso K.F. 2010. "Avaliação e Caracterização Da Qualidade Da Carne de Peito (Pectoralis Major) de Matrizes Pesadas Em Final de Ciclo Produtivo." *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 30: 166–70. <https://www.cambridge.org/core/journals/world-s-poultry-science-journal/article/poultry-meat-quality/08675BA8E31975D7138CC0C3CA093B59>.
- Sauvant, Daniel, Jean-Marc Perez & Gilles Tran. 2004. *Tables of Composition and Nutritional Value of Feed Materials*. ed. INRA. Wageningen Academic. <http://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-668-7>.
- Schiavone, A., Dabbou S., De Marco M., Cullere M., Biasato I., Biasibetti E., Capucchio MT., Bergagna S., Dezzutto D., Meneguz M., Gai F. & Dalle Zotte A., Gasco L. 2018. "Black Soldier Fly Larva Fat Inclusion in Fi Nisher Broiler Chicken Diet as an Alternative Fat Source." *Animal*: 1–8.
- Schiavone, Achille, De Marco M., Martínez S., Dabbou S, Renna M., Madrid J., Hernandez F., Rotolo L., Costa P., Gai F. & Gasco L. 2017. "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* 8(51): 1–9.
- Schiavone, Achille, Marco Cullere, De Marco M., Biasanto I., Bergana S., Dezzutto D., Gai F., Dabbou S., Gasco L. & Zote A.D. 2017. "Partial or Total Replacement of Soybean Oil by Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens* L .) Fat in Broiler Diets : Effect on Growth Performances , Feed-Choice , Blood Traits , Carcass Characteristics and Meat Quality." *Italian Journal of Animal Science* 16(1): 93–100.
- Secci, G., Bovera F., Nizza S., Baronti N., Gasco L., Conte G., Serra A., Bonelli A. & Parisi G. 2018. "Quality of Eggs from Lohmann Brown Classic Laying Hens Fed Black Soldier Fly Meal as Substitute for Soya Bean." *Animal* (April 2017): 1–7.
- Sheppard, D.C. & U.G.A. Emeritus. 2007. "A Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil." *The National Marine Fisheries Service* 15: 42–45.
- Sheppard, D Craig, G Larry, Sidney A Thompson & Stan Savage. 1994. "A Value Added Manure Management System Using The Black Soldier Fly." *Bioresourse Technology* 50: 275–79.
- Sibbald, I.R. 1982. "Measurement of Bioavailable Energy in Poultry Feedingstuffs: A Review." *Canadian Journal of animal Science* 62(4): 983–1048.

- SJ, Dahiru, Azhar Bk & Anjas Asmara Bs. 2016. "Performance of Spring Chicken Fed Different Inclusion Levels of Black Soldier Fly Larvae Meal." *Entomology, Ornithology & Herpetology: Current Research* 5(4).
- Soyatech. (2003). New soyfoods market study shows Americans love their soy. Available on the World Wide Web: <http://www.soyatech.com>
- Steinfeld, H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M. & de Haan C. 2006. *Livestock Long Lost Shadow*. ed. FAO.
- Sturkie, P.O. 1986. 37 Springer-Verlag New York, Inc. *Avian Physiology (Fourth Edition)*.
- Surendra, K. C. Olivier R., Tomberlin J.K., Jha R.& Khanal S.K. 2016. "Bioconversion of Organic Wastes into Biodiesel and Animal Feed via Insect Farming." *Renewable Energy* 98: 197–202. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.022>.
- Swiatkiewicz, S., M. Swiatkiewicz, A. Arczewska-Wlosek & D. Jozefiak. 2015. "Chitosan and Its Oligosaccharide Derivatives (Chito-Oligosaccharides) as Feed Supplements in Poultry and Swine Nutrition." *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 99(1): 1–12.
- Tomberlin, Jeffery K. & D. Craig Sheppard. 2001. "Lekking Behavior of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae)." *The Florida Entomologist* 84(4): 729–30. <http://www.jstor.org/stable/3496413?origin=crossref>.
- Tomberlin, Jeffery K, D Craig Sheppard & John A Joyce. 2002. "Selected Life-History Traits of Black Soldier Flies (Diptera: Stratiomyidae) Reared on Three Artificial Diets." *Entomological Society of America* 95(3): 379–86.
- Tschirner, M. & A. Simon. 2015a. "Influence of Different Growing Substrates and Processing on the Nutrient Composition of Black Soldier Fly Larvae Destined for Animal Feed." *Journal of Insects as Food and Feed* 1(4): 249–59. <http://www.wageningenacademic.com/doi/10.3920/JIFF2014.0008>.
- Tschirner, M & A Simon. 2015b. "Influence of Different Growing Substrates and Processing on the Nutrient Composition of Black Soldier Fly Larvae Destined for Animal Feed." *Journal of Insects as Food and Feed* 1(4): 249–59.
- Ushakova, N. A., Dontsov A.E., Sakina N.L. & Brodsky E.S. 2017. "Melanin Properties at the Different Stages towards Life Cycle of the Fly *Hermetia Illucens*." *Ukrainian Journal of Ecology* 7(4): 424–31.
- Uushona, Tulimo. 2015. "Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Pre-Pupae as a Protein Source for Broiler Production." Stellenbosch University.
- Veldkamp, Teun & Guido Bosch. 2015. "Insects : A Protein-Rich Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets." *Animal Frontiers* 5(2): 45–50.
- Vries, M De & I. J. M. De Boer. 2010. "Comparing Environmental Impacts for Livestock Products : A Review of Life Cycle Assessments." *Livestock Science* 128(1–3): 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.11.007>.
- Zhou, Fen, Jeffery K Tomberlin, Longyu Zheng & Ziniu Yu. 2013. "Developmental and Waste Reduction Plasticity of Three Black Soldier Fly Strains (Diptera : Stratiomyidae) Raised on Different Livestock Manures Developmental and Waste Reduction Plasticity of Three Black Soldier Fly Strains (Diptera : Stratiomyidae) R." *Entomological Society of America* 50(6): 1224–30.

Referências consultadas on-line:

<http://www.fao.org/faostat/en/#data>, consultado a 18 de Agosto de 2018

<https://www.poultryworld.net/Nutrition/Articles/20131/3/Factors-affecting-feed-intake-of-chickens-1172230W/> , consultado a 24 de Agosto de 2018

Imagem retirada a 24 de Outubro: <https://sensing.konicaminolta.us/blog/identifying-color-differences-using-l-a-b-or-l-c-h-coordinates/>

8. Anexos

8.1. Formulação dos regimes alimentares

Quadro 11 - Formulações dos regimes alimentares presentes no ensaio, com os ingredientes em %. HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

<i>Matérias-primas + Aditivos</i>	<i>Quantidade (%)</i>			
	HI0	HI25	HI50	HI75
<i>Milho</i>	46,77	48,86	51,06	45,53
<i>Trigo</i>	10,00	10,00	10,00	10,00
<i>Bagaço de Soja</i>	35,34	27,34	19,31	8,46
<i>Bagaço de Girassol</i>	0,00	0,00	0,00	4,00
<i>Sêmea de trigo</i>	0,00	0,00	0,00	4,60
<i>Carbonato de Cálcio</i>	1,15	1,03	1,00	1,13
<i>Fosfato bicálcico 17,5/2</i>	1,42	1,51	1,45	1,33
<i>L-Lisina HCL</i>	0,28	0,34	0,40	0,50
<i>Metionina</i>	0,30	0,33	0,36	0,38
<i>Bicarbonato de sódio</i>	0,02	0,05	0,08	0,13
<i>Sal marinho</i>	0,31	0,29	0,27	0,24
<i>Treonina</i>	0,10	0,13	0,15	1,09
<i>Vitatec Frangos CLEAN</i>	0,20	0,20	0,20	2,00
<i>Farinha de larvas BSF</i>	0,0	7,77	15,55	23,32
<i>Óleo de soja</i>	4,12	2,15	0,16	0,00

8.2. Quadros com compilação dos resultados

8.2.1. Resultados médios obtidos no decorrer do ensaio experimental.

Quadro 12 - Resultados médios de PV, IC, GMD, Ingestão de alimento e água e produção de excreta. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=48). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Peso vivo (g)	HI0	HI25	HI50	HI75	p-value
4 dias	74 ± 1,69	74 ± 1,28	77 ± 1,34	74 ± 1,56	0,391
7 dias	138 ± 5,24	144 ± 5,54	148 ± 4,13	140 ± 6,39	0,626
14 dias	433 ± 15,59	458 ± 12,49	437 ± 11,16	391 ± 15,13	0,10
21 dias	842 ± 29,86	862 ± 26,33	814 ± 21,77	756 ± 26,44	0,036
28 dias	1292 ± 38,92	1310 ± 42,06	1312 ± 38,36	1270 ± 40,01	0,865
IC					
Semana 1	0,89 ± 0,03	0,90 ± 0,04	0,98 ± 0,05	0,96 ± 0,05	0,308
Semana 2	1,07 ± 0,03	1,01 ± 0,02	1,05 ± 0,01	1,19 ± 0,07	0,019
Semana 3	1,34 ± 0,04	1,42 ± 0,06	1,56 ± 0,08	1,43 ± 0,04	0,080
Semana 4	1,60 ± 0,06	1,59 ± 0,10	1,40 ± 0,07	1,41 ± 0,05	0,103
TOTAL	1,37 ± 0,02	1,35 ± 0,02	1,36 ± 0,05	1,37 ± 0,03	0,963
GMD (g)					
Semana 1	9,2 ± 0,74	10,0 ± 0,70	10,1 ± 0,53	9,4 ± 0,78	0,733
Semana 2	42,0 ± 1,58	44,9 ± 1,24	41,3 ± 1,19	35,8 ± 1,46	<0,001
Semana 3	58,5 ± 2,63	57,6 ± 2,58	53,9 ± 1,87	52,1 ± 1,96	0,172
Semana 4	64,3 ± 1,57	64,1 ± 4,62	71,2 ± 2,92	73,5 ± 2,61	0,083*
TOTAL	54,9 ± 1,71	55,5 ± 1,86	55,5 ± 1,68	53,8 ± 1,70	0,889
Ingestão Alimento (g)					
Semana 2	313 ± 7,62	710 ± 15,98	634 ± 22,90	564 ± 21,26	<0,001
Semana 3	1133 ± 40,65	1085 ± 33,27	954 ± 39,85	866 ± 41,14	<0,001
Semana 4	1471 ± 33,32	1403 ± 52,32	1372 ± 49,49	1403 ± 21,99	0,393*
Ingestão Água (mL)					
Semana 2	735 ± 30,37	317 ± 7,12	306 ± 10,64	291 ± 13,90	<0,001*
Semana 3	542 ± 16,75	560 ± 11,42	579 ± 18,37	520 ± 15,95	0,066
Semana 4	1767 ± 92,20	1541 ± 81,69	1468 ± 71,46	1491 ± 48,71	0,29*
Prod. Excreta (g)					
Semana 2	287 ± 16,80	270 ± 12,92	250 ± 17,42	227 ± 13,26	0,051
Semana 3	611 ± 37,25	581 ± 24,90	517 ± 25,75	486 ± 28,02	0,017
Semana 4	850 ± 48,46	733 ± 39,12	709 ± 38,07	775 ± 34,60	0,087

*este valor não cumpriu o pressuposto de homogeneidade de variâncias.

8.2.2. Resultados do rendimento de carcaça e do tamanho absoluto e relativos de alguns órgãos do sistema digestivo.

Quadro 13 - Valores de dados médios morfológicos e anatomopatológicos dos frangos pertencentes ao ensaio no dia de abate. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=24). HI0- Controle, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Dados morfológicos	HI0	HI25	HI50	HI75	P-value
Perímetro do peito (cm)	25,72 ± 0,47	25,58 ± 0,4	25,75 ± 0,46	24,72 ± 0,48	0,349
Envergadura da asa (cm)	39,30 ± 0,42	38,68 ± 0,36	38,78 ± 0,33	38,14 ± 0,55	0,137
Caraterísticas da carcaça					
Pesos absolutos (g)					
Carcaça	1089 ± 47,81	1015 ± 46,25	1016 ± 21,98	994 ± 57,31	0,483
Peito esquerdo	131 ± 5,95	129 ± 7,01	125 ± 3,56	127 ± 16,04	0,974
Coxas e Pernas	275 ± 13,58	242 ± 12,88	245 ± 6,38	215 ± 19,46	0,50
Relativos ao PV					
PC	0,822 ± 0,003	0,811 ± 0,005	0,795 ± 0,014	0,789 ± 0,009	0,064
Peso Peito Esquerdo	0,086 ± 0,003	0,089 ± 0,003	0,081 ± 0,003	0,079 ± 0,003	0,49
Peso Coxas e pernas	0,207 ± 0,002	0,194 ± 0,003	0,192 ± 0,004	0,173 ± 0,021	0,055
Relativos ao PC					
Peso Peito Esquerdo	0,105 ± 0,004	0,101 ± 0,003	0,101 ± 0,003	0,1 ± 0,003	0,175
Peso Coxas e pernas	0,252 ± 0,003	0,239 ± 0,005	0,242 ± 0,004	0,22 ± 0,021	0,242
HT carcaça (% Prod)	71,49 ± 0,54	72,81 ± 0,36	69,30 ± 0,48	68,94 ± 0,44	<0,001
EB carcaça (KJ/ Kg)	717 ± 17,09	756 ± 11,01	849 ± 17,70	862 ± 17,67	<0,001
EB carcaça (KJ/Kg)	2514 ± 30,68	2781 ± 9,68	2764 ± 24,34	2775 ± 23,26	<0,001
Dados anatômicos					
Pesos absolutos (g)					
Fígado	35,57 ± 2,99	24,90 ± 1,63	26,31 ± 1,55	25,20 ± 1,40	0,003*
Moela	32,74 ± 1,83	28,33 ± 1,11	28,55 ± 1,78	30,43 ± 1,33	0,188
Ceco	7,96 ± 0,79	10,45 ± 1,27	9,20 ± 1,03	7,98 ± 0,73	0,270
Comprimento ID	149,72 ± 4,15	132,25 ± 8,28	154,07 ± 5,18	150,80 ± 4,26	0,058
Comprimento Ceco	15,62 ± 1,0	14,40 ± 0,40	15,03 ± 0,67	14,55 ± 0,86	0,679
Relativos ao PC					
Peso Fígado	0,033 ± 0,002	0,025 ± 0,001	0,026 ± 0,001	0,025 ± 0,001	0,004
Comp. ID	0,139 ± 0,01	0,130 ± 0,01	0,152 ± 0,01	0,154 ± 0,01	0,034
Comp. Ceco	0,007 ± 0,01	0,010 ± 0,01	0,008 ± 0,01	0,008 ± 0,01	0,04

*este valor não cumpriu o pressuposto de homogeneidade de variâncias.

8.2.3. Resultados de análises físicas executadas numa porção de carne do peito (cor, exsudação, pH e nutricionais)

Quadro 14 - Resultados médios das medições físicas executadas em porções de carne do peito (cor, exsudação, pH e nutricionais). Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=24). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Cor da carne	HI0	HI25	HI50	HI75	p-value
Chroma					
24h	12,6 ± 0,53	13,1 ± 0,59	12,9 ± 0,47	12,5 ± 0,34	0,825
48h	12,8 ± 0,61	12,4 ± 0,68	15,0 ± 0,42	12,9 ± 0,39	0,011
72h	12,9 ± 0,55	12,7 ± 0,74	15,1 ± 0,44	13,6 ± 0,55	0,041
144h	13,5 ± 0,65	13,0 ± 0,61	15,7 ± 0,45	14,8 ± 0,59	0,012
Após_Coz	14,8 ± 0,32	15,5 ± 0,59	15,7 ± 0,45	14,8 ± 0,59	0,384
Hue					
24h	76,8 ± 0,23	69,0 ± 2,21	69,4 ± 1,90	64,3 ± 2,28	0,003
48h	80,0 ± 2,08	74,102 ± 0,56	74,0 ± 1,65	70,5 ± 1,78	0,005
72h	82,3 ± 2,17	75,6 ± 0,97	75,1 ± 1,45	70,7 ± 1,82	0,001
144h	81,3 ± 1,71	74,3 ± 1,57	75,4 ± 2,46	68,8 ± 1,77	0,002
Após_Coz	83,0 ± 0,81	80,1 ± 0,48	81,3 ± 0,49	79,2 ± 0,66	0,002
pH	6,18 ± 0,02	6,26 ± 0,07	6,18 ± 0,07	6,24 ± 0,04	0,670
Exsudação (g)					
48h	1,22 ± 0,10	0,84 ± 0,17	1,54 ± 0,05	1,10 ± 0,15	0,008
72h	1,84 ± 0,22	1,77 ± 0,15	2,08 ± 0,10	1,67 ± 0,09	0,30
144h	3,24 ± 0,31	2,99 ± 0,12	3,28 ± 0,09	2,79 ± 0,11	0,035
Análises músculo (%MS)					
MS	24,7 ± 0,25	25,4 ± 0,07	24,7 ± 0,16	25,0 ± 0,20	0,70
N-total	3,6 ± 0,06	3,7 ± 0,04	3,5 ± 0,06	3,6 ± 0,01	0,197
PB	22,6 ± 0,38	23,1 ± 0,22	22,2 ± 0,40	22,7 ± 0,08	0,190
cinzas	1,1 ± 0,02	1,2 ± 0,03	1,1 ± 0,03	1,1 ± 0,03	0,079

8.2.4. Resultados das análises efetuadas à excreta de 4 indivíduos de cada regime alimentar, coletada durante do ensaio.

Quadro 15 - Resultados das análises a excreta coletada no decorrer do ensaio. Os valores de significância são referentes ao teste ANOVA (n=16). HI0- Controlo, 0% inclusão de farinha de larvas BSF; HI25- 25% da soja substituída por larvas BSF; HI50- 50% da soja substituída por larvas BSF; HI75- 75% da soja substituída por larvas BSF.

Análises excreta	HI0	HI25	HI50	HI75	p-value
MS					
Semana 2	23,93 ± 0,87	22,90 ± 2,17	26,85 ± 1,46	34,35 ± 1,47	0,01
Semana 3	20,25 ± 0,70	20,05 ± 2,14	21,70 ± 1,04	27,0 ± 0,18	0,006
Semana 4	16,30 ± 0,64	14,08 ± 0,45	18,58 ± 0,90	19,33 ± 0,69	0,001
N-total					
Semana 2	3,68 ± 0,08	4,07 ± 0,10	4,56 ± 0,15	4,74 ± 0,21	0,001
Semana 3	4,07 ± 0,10	4,46 ± 0,08	4,78 ± 0,03	4,63 ± 0,20	0,007
Semana 4	16,30 ± 0,11	14,08 ± 0,05	18,58 ± 0,04	19,33 ± 0,10	0,011
PB					
Semana 2	23,0 ± 0,47	25,48 ± 0,61	28,53 ± 0,92	29,60 ± 1,29	0,001
Semana 3	25,43 ± 0,63	27,88 ± 0,50	29,90 ± 0,17	28,95 ± 1,28	0,008
Semana 4	29,0 ± 0,70	30,08 ± 0,50	31,13 ± 0,17	28,33 ± 1,28	0,10
Cinzas					
Semana 2	13,73 ± 15,58	16,43 ± 20,25	17,93 ± 23,65	18,68 ± 23,45	<0,001
Semana 3	14,05 ± 0,30	17,60 ± 0,78	18,83 ± 0,35	19,93 ± 0,70	<0,001
Semana 4	15,28 ± 0,40	20,25 ± 0,50	23,65 ± 0,33	23,45 ± 0,49	<0,001
Ca					
Semana 2	2,34 ± 2,09	3,35 ± 5,33	3,54 ± 8,06	4,14 ± 7,21	<0,001
Semana 3	2,28 ± 0,17	4,66 ± 0,53	5,45 ± 0,26	4,96 ± 0,58	0,01
Semana 4	2,09 ± 0,16	5,33 ± 0,20	8,06 ± 0,46	7,21 ± 0,40	<0,001
P					
Semana 2	1,06 ± 2,09	1,30 ± 5,33	1,38 ± 8,06	1,49 ± 7,21	<0,001
Semana 3	1,21 ± 0,02	1,48 ± 0,05	1,52 ± 0,02	1,62 ± 0,08	0,01
Semana 4	2,09 ± 0,04	5,33 ± 0,08	8,06 ± 0,07	7,21 ± 0,11	<0,001
EB					
Semana 2	1670 ± 11,15	1664 ± 15,12	1649 ± 21,47	1629 ± 20,09	0,377
Semana 3	1740 ± 16,71	1675 ± 25,69	1633 ± 13,84	1650 ± 33,65	0,037
Semana 4	1782 ± 36,82	1662 ± 18,63	1577 ± 12,18	1575 ± 17,85	<0,001

8.3. Especificações nutritivas AVIAGEN - ROSS 308

ROSS 308 BROILER: Nutrition Specifications							
Table 1							
Nutrition Specifications for As-Hatched Broilers - Target Live Weight \leq 1.60 kg (3.50 lb)							
Age Fed	days	Starter 0 - 10		Grower 11 - 24		Finisher 25 - market	
Energy	kcal	3000		3100		3200	
	MJ	12.55		12.97		13.39	
AMINO ACIDS		Total	Digest¹	Total	Digest¹	Total	Digest¹
Lysine	%	1.44	1.28	1.29	1.15	1.19	1.06
Methionine + Cystine	%	1.08	0.95	0.99	0.87	0.94	0.83
Methionine	%	0.56	0.51	0.51	0.47	0.48	0.45
Threonine	%	0.97	0.86	0.88	0.77	0.81	0.71
Valine	%	1.10	0.96	1.00	0.87	0.93	0.81
Isoleucine	%	0.97	0.86	0.89	0.78	0.83	0.73
Arginine	%	1.52	1.37	1.37	1.23	1.26	1.13
Tryptophan	%	0.23	0.20	0.21	0.18	0.19	0.17
Leucine	%	1.58	1.41	1.42	1.27	1.31	1.17
Crude Protein ²	%	23.0		21.5		20.0	
MINERALS							
Calcium	%	0.96		0.87		0.81	
Available Phosphorus	%	0.480		0.435		0.405	
Magnesium	%	0.05 - 0.50		0.05 - 0.50		0.05 - 0.50	
Sodium	%	0.16 - 0.23		0.16 - 0.23		0.16 - 0.20	
Chloride	%	0.16 - 0.23		0.16 - 0.23		0.16 - 0.23	
Potassium	%	0.40 - 1.00		0.40 - 0.90		0.40 - 0.90	
ADDED TRACE MINERALS PER KG							
Copper	mg	16		16		16	
Iodine	mg	1.25		1.25		1.25	
Iron	mg	20		20		20	
Manganese	mg	120		120		120	
Selenium	mg	0.30		0.30		0.30	
Zinc	mg	110		110		110	
ADDED VITAMINS PER KG		Wheat based feed	Maize based feed	Wheat based feed	Maize based feed	Wheat based feed	Maize based feed
Vitamin A	IU	13,000	12,000	11,000	10,000	10,000	9,000
Vitamin D3	IU	5000	5000	4500	4500	4000	4000
Vitamin E	IU	80	80	65	65	55	55
Vitamin K (Menadione)	mg	3.2	3.2	3.0	3.0	2.2	2.2
Thiamin (B1)	mg	3.2	3.2	2.5	2.5	2.2	2.2
Riboflavin (B2)	mg	8.6	8.6	6.5	6.5	5.4	5.4
Niacin	mg	60	65	55	60	40	45
Pantothenic Acid	mg	17	20	15	16	13	15
Pyridoxine (B6)	mg	5.4	4.3	4.3	3.2	3.2	2.2
Biotin	mg	0.30	0.22	0.25	0.18	0.20	0.15
Folic Acid	mg	2.20	2.20	1.90	1.90	1.60	1.60
Vitamin B12	mg	0.017	0.017	0.017	0.017	0.011	0.011
MINIMUM SPECIFICATION							
Choline per kg	mg	1700		1600		1550	
Linoleic Acid	%	1.25		1.20		1.00	

Digest¹ = Digestible

Crude Protein² = Formulation priority is to meet the recommended minimum essential amino acid levels. These crude protein levels are not requirements per se, but instead are levels which will likely occur when achieving the aforementioned essential amino acid minimums.

NOTES: These feed specifications should be used as a guide. They require adjustment for local conditions and markets. A withdrawal feed should be fed to meet local requirements for drug withdrawal times. This can be formulated to the same standards as the final feed listed above.

Figura 31 - Especificações nutritivas para frangos de carne da estirpe ROS 308, com um objetivo de peso vivo \leq 1.60 kg (Aviagen, 2014).