

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**USO DE FARINHA DE INSETOS NA  
NUTRIÇÃO DE PEIXES**

**Mestrando: Guilherme Trindade de Vasconcelos**  
Engenheiro de Pesca

Jaboticabal, São Paulo.

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP  
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**USO DE FARINHA DE INSETOS NA  
NUTRIÇÃO DE PEIXES**

**Guilherme Trindade de Vasconcelos**

**Orientadora: Profa. Dra. Maria Célia Portella**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP-CAUNESP, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Jaboticabal, São Paulo  
2019

V331u Vasconcelos, Guilherme Trindade de  
Uso de insetos na nutrição de peixes / Guilherme Trindade de  
Vasconcelos. -- Jaboticabal, 2019  
i, 163 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de  
Aquicultura, 2019

Orientadora: Maria Célia Portella

Banca examinadora: Tereza Cristina Ribeiro Dias Koberstein,  
Jesaias Ismael da Costa

Bibliografia

1. Inseto. 2. Farinha de peixe. 3. Dieta. I. Título. II. Jaboticabal-  
Centro de Aquicultura.

CDU 639.3.043



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Unidade Complementar - Jaboticabal

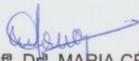
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

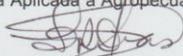
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Uso da farinha de insetos na nutrição de peixes cultivados

**AUTOR: GUILHERME TRINDADE DE VASCONCELOS**

**ORIENTADORA: MARIA CÉLIA PORTELLA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:

  
Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. MARIA CÉLIA PORTELLA  
Departamento de Biologia Aplicada a Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Jaboticabal

  
Prof.<sup>a</sup>. Dra. TERESA CRISTINA RIBEIRO DIAS KOBERSTEIN  
Laboratório de Tilapicultura / Centro de Aquicultura da Unesp - CAUNESP

  
Prof. Dr. JESAIAS ISMAEL DA COSTA  
Departamento de Economia Rural / FCAV/UNESP, Jaboticabal-SP

Jaboticabal, 31 de outubro de 2019

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus e às mulheres maravilhosas: minha mãe Sandra Aurora, minha querida avó Maria Palheta, minhas irmãs Tatiana Trindade e Alexsandra Trindade e Ângela Ferreira. Espíritos de luz em meus caminhos e aprendizados. Gratidão eterna!

## **AGRADECIMENTOS**

*A Deus pela oportunidade da vida e sua infinita bondade.*

*Agradeço ao meu querido e carinhoso pai, João Xavier pelos momentos de afeto e alegria. À minha maravilhosa mãe Sandra Aurora por tudo que representa em minha vida.*

*Às minhas irmãs Tatiana e Alexsandra pelo amor e compreensão, a minha iluminada avó Maria Palheta pelo amor dedicado a mim. A querida Ângela Ferreira pelo amor e parceria.*

*À Professora Doutora Maria Célia Portella pela oportunidade em me orientar e ajudar na minha evolução acadêmica. Muito obrigado e gratidão!*

*Ao professor Doutor Dalton José Carneiro pela atenção e ajuda! Muito obrigado e gratidão!*

*À Professora Julieta Rodini de Moraes pelas orientações e compreensão. Muito obrigado e gratidão!*

*Ao Professor Diogo Teruo Hashimoto pelas orientações e apoio. Muito obrigado!*

*Ao Flávio Ribeiro e Jesaías Costa pelo convívio, ajuda e grandes orientações. Muito obrigado!*

*Aos parceiros e parceiras de laboratório Juliano José Coutinho de oliveira, Sara Melo Pinho, Jessica Pacheco de Lima, Grazi Guaiume, Magdiel Oliveira, Fred Werneck, Brígida Sperch de Oliveira Machado, Michéle Roberta dos Santos, Ricardo Dutra e Silvia Regina Ferreira de Laurentiz muito obrigado pelo convívio, força e ajuda nos momentos de dificuldade. Muito obrigado e gratidão eterna!*

*À banca de defesa Tereza Cristina Ribeiro Dias Koberstein e Jesaias Ismael da Costa pelas contribuições nesse trabalho. Muito obrigado!*

*Agradeço a todos os funcionários do Caunesp: David Lorente, Elaine silvestre pontieri, Eleuza Guarniare Milanesi, Marcio Roberto, Valdecir de Lima e Luiz Fernando pelo apoio, amizade e ajuda.*

## **APOIO FINANCEIRO**

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Bolsa de Mestrado. Processo nº 133653/2018-8.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	1
APOIO FINANCEIRO.....	2
SUMÁRIO .....	3
LISTA DE TABELAS .....	8
RESUMO .....	13
ABSTRACT .....	14
1. Introdução .....	15
2. Objetivo Geral .....	18
3. Material e métodos.....	18
3.1. Estratégia de busca e seleção dos artigos. ....	18
3.2. Extrações de dados.....	19
3.3. Análise e interpretação dos dados. ....	19
4. O uso de insetos na nutrição de peixes .....	20
5. Mosca-soldado negra ( <i>Hermetia illucens</i> ).....	26
5.1. Valor nutricional da mosca-soldado negra.....	27
5.1.1. Composição aproximada da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).....	27
5.1.2. Composição de aminoácidos da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).....	28
5.1.3. Composição de ácidos graxos dos lipídeos da farinha de larva, pré-pupa de mosca-soldado negra e óleo de peixe (arenque).....	28
5.1.4. Composição de vitaminas da larva, pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).....	29
5.1.5. Composição de minerais da mosca soldado-negra e farinha de peixe (arenque) .....	30
5.2. Uso da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra na alimentação de peixes.....	31
5.2.1 Desempenho em peixes usando larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	31
5.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) em peixes alimentados com lavar e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	36
5.3. Efeito do uso de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra composição corporal e qualidade dos peixes .....	39
5.3.1 Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra .....	39

5.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra. ....	40
5.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra. ....	42
5.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	43
5.3.5. Composição de ácidos graxos corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra .....	45
5.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso de larvas e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	47
5.4. Descrição dos principais resultados da literatura utilizando a larva e pré-pupa de mosca-soldado negra em peixes. ....	49
6.Tenébrio ( <i>Tenebrio molitor</i> ).....	54
6.1. Valor nutricional da larva de tenébrio. ....	55
6.1.2. Composição aproximada da larva de tenébrio e de farinha de peixe (arenque). ....	55
6.1.3. Composição de aminoácidos da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque). ....	56
6.1.4. Composição de ácidos graxos da farinha de larva de tenébrio e óleo de peixe (arenque).....	57
6.1.5. Composição de vitaminas da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque). ....	58
6.1.5. Composição de minerais da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque). ....	59
6.2. Uso da larva de tenébrio na alimentação de peixes. ....	60
6.2.1. Desempenho em peixes usando a larva de tenébrio. ....	60
6.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio. ....	63
6.3. Efeito do uso da larva de tenébrio na composição corporal e qualidade dos peixes.....	64
6.3.1. Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.....	64
6.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.....	65
6.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio. ....	67
6.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.....	68
6.3.5. Composição de ácidos graxos dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio. ....	70

6.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da larva de tenébrio. ....	72
6.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a larva de tenébrio. ....	73
7. Mosca doméstica ( <i>Musca domestica</i> ). ....	77
7.1. Valor nutricional da mosca doméstica. ....	78
7.1.2. Composição aproximada da larva e pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque). ....	78
7.1.3. Composição de aminoácidos da larva e pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque). ....	79
7.1.4. Composição de ácidos graxos dos lipídeos da farinha da larva, pupa de mosca doméstica e óleo de peixe (arenque). ....	80
7.1.5. Composição de minerais da larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque). ....	81
7.2. Uso da farinha de larva e pupa de mosca doméstica na alimentação de peixes. ....	82
7.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	82
7.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de pupa ou larva de mosca doméstica. ....	86
7.3. Efeito do uso da farinha de larva e pupa de mosca doméstica na composição corporal e qualidade dos peixes. ....	88
7.3.1. Composição de matéria seca corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	88
7.3.2. Composição de extrato etéreo corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	89
7.3.3. Composição de cinzas corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	91
7.3.4. Composição de proteína corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	92
7.3.5. Composição de ácidos graxos muscular dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	94
7.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de larva ou pupa de mosca doméstica. ....	95
7.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a mosca doméstica. ....	96
8. Gafanhoto e grilo. ....	101
8.1. Valor nutricional da farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	103
8.1.2. Composição aproximada da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque). ....	103

8.1.3. Composição de aminoácidos da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).....	104
8.1.4. Composição de ácidos graxos da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e óleo de peixe de (arenque). .....	104
8.1.5. Composição de minerais da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).....	105
8.1.6. Composição de vitaminas da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).....	106
8.2. Uso da farinha de gafanhoto e farinha de grilo na alimentação de peixes. ..	107
8.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	107
8.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	110
8.3. Efeito do uso da farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo na composição corporal e qualidade dos peixes.....	111
8.3.1. Composição de matéria seca corporal dos peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	111
8.3.2. Composição de extrato etéreo corporal dos peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	111
8.3.3. Composição de cinzas corporal dos peixes alimentados com farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	112
8.3.4. Composição de proteína corporal dos peixes alimentados com farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	113
8.3.5. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo.....	114
8.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	114
9. Bicho-da-seda ( <i>Bombyx mori</i> ).....	117
9.1. Valor nutricional da pupa de bicho-da-seda. ....	118
9.1.2. Composição aproximada da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque). ....	118
9.1.3. Composição de aminoácidos da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).....	119
9.1.4. Composição dos ácidos graxos dos lipídeos da pupa de bicho-da-seda e do óleo de peixe (arenque). ....	120
9.1.5. Composição de vitaminas da pupa de bicho-da-seda e da farinha de peixe (arenque).....	121
9.1.6. Composição de minerais da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).. ....	122
9.2. Uso da farinha de pupa de bicho-da-seda na alimentação de peixes. ....	122

9.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	123
9.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	125
9.3. Efeito do uso da farinha de pupa de bicho-da-seda na composição corporal e qualidade dos peixes. ....	127
9.3.1. Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	127
9.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	127
9.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	130
9.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.....	130
9.3.5. Composição de ácidos graxos dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	131
9.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de pupa de bicho-da-seda.....	133
9.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	135
10. Síntese e considerações finais.....	138
11. Referências bibliográfica .....	140

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Empresas no mundo que produzem e comercialização insetos.....	24
<b>Tabela 2:</b> Composição química da farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e da farinha de peixe (arenque).....	27
<b>Tabela 3:</b> Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larva e pré-pupa de.....	28
<b>Tabela 4:</b> Composição de ácidos graxos saturados, mono insaturados e poli insaturados.....	29
<b>Tabela 5:</b> Composição de vitaminas (com base na matéria seca) da larva e pré-pupa de.....	30
<b>Tabela 6:</b> Composição de minerais (com base na matéria seca) da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e de farinha de peixe (arenque).....	31
<b>Tabela 7:</b> Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra. ....	35
<b>Tabela 8:</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	38
<b>Tabela 9:</b> Composição de matéria seca e extrato etéreo corporal e muscular de peixes alimentados em dietas contendo larva e pré-pupa de mosca-soldado negra. ....	41
<b>Tabela 10:</b> Composição de cinzas corporal e muscular de peixes alimentados em dietas contendo larva e pré-pupa de mosca-soldado negra. ....	44
<b>Tabela 11:</b> Composição (%) de ácidos graxos corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	46
<b>Tabela 12:</b> Desempenho produtivo de peixes alimentados com larvas e pré-pupa de mosca-soldado negra.....	51
<b>Tabela 13:</b> Composição química da farinha de larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque).....	56

<b>Tabela 14:</b> Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque). .....	57
<b>Tabela 15:</b> Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (% ácidos graxos totais) da larva de tenébrio e óleo de peixe (arenque).....	58
<b>Tabela 16.</b> Composição de vitaminas (base na matéria seca) da farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque). .....	59
<b>Tabela 17:</b> Composição de minerais (base na matéria seca) da farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque). .....	60
<b>Tabela 18:</b> Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de tenébrio. ....	62
<b>Tabela 19:</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio.....	63
<b>Tabela 20:</b> Composição corporal e muscular de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dieta contendo farinha de larva de tenébrio. ....	66
<b>Tabela 21:</b> Composição corporal e muscular de proteína e cinzas de peixes alimentados com dietas contendo farinha de larva de tenébrio. ....	69
<b>Tabela 22:</b> Composição de ácidos graxos corporal e muscular de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio. ....	71
<b>Tabela 23:</b> Desempenho de peixes alimentados com farinha da larva de tenébrio. ....	75
<b>Tabela 24:</b> Composição química de larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque). .....	79
<b>Tabela 25:</b> Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque). .....	80
<b>Tabela 26:</b> Composição de ácidos graxos da larva e pupa de mosca doméstica e óleo de peixe (arenque). .....	81

<b>Tabela 27:</b> Composição de minerais da larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).....	82
<b>Tabela 28:</b> Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva e pupa de mosca doméstica. ....	85
<b>Tabela 29:</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de mosca doméstica.....	87
<b>Tabela 30:</b> Composição de matéria seca e extrato etéreo corporal de peixes alimentados em dietas contendo larva e pupa de mosca doméstica. ....	90
<b>Tabela 31:</b> Composição de cinzas corporal de peixes alimentados em dietas contendo larva e pupa de mosca doméstica. ....	93
<b>Tabela 32:</b> Composição (%) de ácidos graxos muscular dos peixes alimentados com larva e pupa de mosca doméstica.....	94
<b>Tabela 33:</b> Desempenho de peixes alimentados com larva e pupa de mosca doméstica.....	99
<b>Tabela 34.</b> Espécies de grilos e gafanhotos que podem causar danos em lavouras no Brasil. ....	102
<b>Tabela 35:</b> Composição química da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).....	103
<b>Tabela 36:</b> Composição de aminoácidos da proteína da farinha de farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque) (com base em matéria seca). ....	104
<b>Tabela 37:</b> Composição de ácidos graxos saturados, mono insaturados e poli insaturados (% ácidos graxos totais) da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e óleo de peixe (arenque).....	105
<b>Tabela 38:</b> Composição de minerais (base na matéria seca) das farinhas de gafanhoto, grilo e peixe de peixe (arenque).....	106
<b>Tabela 39:</b> Composição de vitaminas (com base na matéria seca) da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).....	106

<b>Tabela 40:</b> Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela da farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	109
<b>Tabela 41:</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de gafanhoto e farinha de grilo.....	110
<b>Tabela 42:</b> Composição corporal de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dietas contendo farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	112
<b>Tabela 43:</b> Composição corporal de cinzas e proteína de peixes alimentados com dietas contendo farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	113
<b>Tabela 44:</b> Desempenho de peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo. ....	116
<b>Tabela 45.</b> Ciclo de vida do Bicho-da-seda ( <i>Bombyx mori</i> ). ....	118
<b>Tabela 46.</b> Composição química da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).....	119
<b>Tabela 47.</b> Composição de aminoácidos da proteína da pupa de bicho-da-seda e da farinha de peixe (arenque). ....	120
<b>Tabela 48.</b> Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (% ácidos graxos totais) da pupa de bicho-da-seda e óleo de peixe (arenque).....	121
<b>Tabela 49.</b> Composição de vitaminas (base na matéria seca) da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque). ....	121
<b>Tabela 50.</b> Composição de minerais da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).....	122
<b>Tabela 51:</b> Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda. ....	124
<b>Tabela 52:</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de pupa de bicho-da-seda.....	126

<b>Tabela 53:</b> Composição corporal e muscular de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dietas contendo pupa de bicho-da-seda.....	129
<b>Tabela 54:</b> Composição corporal e muscular de proteína e cinzas de peixes alimentados com dietas contendo farinha da pupa de bicho-da-seda. ....	132
<b>Tabela 55:</b> Composição de ácidos graxos corporal e muscular de peixes alimentados com dietas contendo farinha da pupa de bicho-da-seda. ....	132
<b>Tabela 56:</b> Desempenho de peixes alimentados com pupa de bicho-da-seda. .	137

## RESUMO

O aumento da produção aquícola mundial promove maior demanda por rações e conseqüentemente pela farinha de peixe. Porém, na produção da farinha de peixe são utilizados recursos pesqueiros, que demonstram produção global em declínio. Dessa forma, a diminuição do uso desse insumo nas rações aquícolas diminuiria a pressão sobre os estoques pesqueiros. Diante desse problema, insetos aparecem como fonte de nutrientes alternativas e sustentáveis. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão sobre o uso de farinha de mosca-soldado negra, tenébrio, mosca doméstica, bicho-da-seda, grilo e gafanhoto na nutrição de peixes, abordando aspectos como o valor nutricional, avanços e problemas para sua utilização. Foram realizadas buscas dos estudos de nutrição de peixes cultivados que utilizaram farinhas de insetos nas bases: *Web of Science*, *Google Acadêmico*, *Scopus* e *Repositório Institucional UNESP*. Em geral, observa-se que dietas contendo níveis até 25% de substituição da farinha de peixe podem ser utilizadas sem afetar negativamente o desempenho em crescimento, eficiência alimentar, composição corporal ou muscular dos peixes. Dietas com níveis de substituições da farinha de peixe até 25% pela farinha de insetos não prejudicam coeficiente de digestibilidade da proteína e extrato etéreo. Além disso, peixes podem ser alimentados com dietas contendo níveis de substituição da farinha de peixe em até 50% sem efeitos adversos na histologia, resposta imunológica, parâmetros hematológicos, enzimas do estresse oxidativo e detoxificante. No entanto, esses parâmetros são influenciados pela fase de desenvolvimento ou substrato de criação do inseto, tipo de processamento, conteúdo de quitina, nível de substituição ou espécie de peixe.

**PALAVRAS-CHAVE:** inseto, farinha de larva, farinha de peixe, dieta

## **ABSTRACT**

The increase in world aquaculture production promotes greater demand for aquafeeds and consequently for fishmeal. However, fishmeal production uses fishery resources that show declining global production. Thus, reducing the use of this input in aquaculture feeds would reduce the pressure on fish stocks. Faced with this problem, insects appear as a source of alternative and sustainable nutrients. Therefore, this paper aims to present a review on the use of black soldier fly, tenebrio, house fly, silkworm, cricket and grasshopper meal in fish nutrition, addressing aspects such as nutritional value, perspectives and constraints for its use. We conducted searches about nutrition studies of farmed fish that used insect flours in the following databases: Web of Science, Google Scholar, Scopus and UNESP Institutional Repository. In general, it was noted that diets containing up to 25% fish meal replacement levels can be used without negatively affecting fish growth performance, feed efficiency, body or muscle composition. Diets with fish meal substitution levels of up to 25% for insect meal do not affect the digestibility coefficient of protein and ether extract. In addition, fish can be fed diets containing up to 50% fish meal replacement levels with no adverse effects on histology, immune response, haematological parameters, oxidative stress and detoxifying enzymes. However, these parameters are influenced by the developmental stage or substrate of insect rearing, type of processing, chitin content, substitution level or species of fish.

**KEY-WORDS:** insect, larvae meal, fish meal, diet

## 1. Introdução

O crescimento da produção de peixes pela aquicultura mundial é estimado em 109 milhões de toneladas para 2030 que representará um aumento de 2,1% em relação a 2016, conseqüentemente a produção da farinha de peixe alcançará 5,3 milhões de toneladas (FAO, 2018). A farinha de peixe é um dos principais ingredientes usados nas rações aquícolas, geralmente adicionada nas dietas para melhorar a eficiência alimentar e o crescimento (BARROSO et al. 2014), devido ao seu alto conteúdo proteico (GATLIN et al. 2007), composição mais balanceada de aminoácidos e alta palatabilidade (OLIVA-TELES e GONÇALVES, 2001).

A farinha de peixe é um produto seco obtido a partir da cocção e secagem de peixes inteiros ou de seus subprodutos, oriundos da pesca extrativa ou de processamento. Porém, apresenta alguns problemas como: a qualidade nutricional é variável e geralmente menor quando se utiliza subprodutos de pescado (FAO, 2016); o uso de matéria prima dos recursos pesqueiros é limitado (NG et al. 2001), com produção global em declínio (SONG et al. 2014); além de altos preços no mercado global desde 2000 em razão da maior demanda da aquicultura pela farinha de peixe (TACON e METIAN, 2008).

As rações para peixes representam 50 a 80% dos custos de produção (KUBITZA, 2010) e, normalmente, os níveis de inclusão de farinha de peixe nas formulações variam de 20-64% para peixes marinhos e 0-25% para os de água doce (TACON et al. 2011). Portanto, o uso de menores quantidades da farinha de peixe aumentaria a rentabilidade (FAO, 2018), favorecendo a manutenção de 18,7 milhões de empregos (FAO, 2016) do setor aquícola mundial e diminuiria a pressão sobre os estoques pesqueiros (OZÓRIO et al. 2010).

Por esses motivos, vários estudos foram realizados visando a utilização de ingredientes de origem vegetal tais como: farelo de soja (KAUSHIK et al. 1995; ABIMORAD e CARNEIRO, 2004; ABIMORAD et al. 2008; SILVA-CARRILLO et al. 2012); concentrado proteico de soja (STOREBAKKEN et al. 1998; DENG et al. 2006) e o glúten de milho (ROBAINA et al. 1997; KIKUSHI, 1999; REGOST et al. 1999), entre outros. No entanto, ingredientes de origem vegetal apresentam algumas características prejudiciais aos peixes, como desbalanço de aminoácidos (OLIVA-TELES e GONÇALVES, 2001), fatores antinutricionais (SÁNCHEZ-

MUROS et al. 2014), baixa digestibilidade de energia (ABIMORAD e CARNEIRO, 2004), aminoácidos limitantes (ABIMORAD et al. 2008), redução da palatabilidade em altos níveis de inclusão (SONG et al. 2014) e polissacarídeos não amiláceos, que podem afetar negativamente a eficiência alimentar (GATLIN et al. 2007).

Também foram avaliados ingredientes de origem animal tais como: mistura de farinha de víscera de frango e farinha de pena para truta arco-íris (STEFFENS, 1994); farinha de carne de frango e farinha de pena juntas ou farinha de carne de frango sozinha, em *Sparus aurata* (NENGAS et al. 1999); farinha de carne e sangue em dieta para *Epinephelus coioides* (MILLAMENA, 2002); farinha de carne e ossos para *S. aurata* (MOUTINHO et al. 2017), entre outros. No geral, esses estudos demonstraram que maiores substituições (75% e 100%) da farinha de peixe por outras fontes proteicas prejudicaram o desempenho do crescimento. Esses resultados decorrem, provavelmente, da deficiência de aminoácidos, alto conteúdo de cinzas e/ou de deficiência de ácidos graxos insaturados.

Diante destas questões, os insetos aparecem como fonte de proteína alternativa e sustentável (VELDKAMP et al. 2012). Possuem vantagens como: alta fecundidade e baixa necessidade de maiores áreas (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013); grande diversidade de espécies com diferentes estágios de desenvolvimento e variável composição corporal. Os valores de proteína bruta podem alcançar 77,13% (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013) e gordura 58,6% (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014). Além disso, insetos possuem alta eficiência na conversão alimentar, sendo ótimos bioconversores de resíduo orgânico (matéria vegetal morta, esterco e carcaça de animais em decomposição), reduzindo a contaminação ambiental (VAN HUIS et al. 2013)

Embora a Classe Insecta possua aproximadamente 70% das espécies de animais (GALLO et al. 2002), apenas algumas espécies têm sido utilizadas como ingrediente alternativo na nutrição de peixes. Insetos são usados principalmente na forma de farinha, sendo normalmente desidratados e moídos (VAN HUIS et al. 2013). Diferentes estágios e espécies são usados, tais como: tenébrio *Tenebrio molitor* (NG et al. 2001), mosca-soldado negro *Hermetia illucens* (NEWTON et al. 2005), mosca doméstica *Musca domestica* (OGUNJI et al. 2007), gafanhotos *Zonocerus variegatus* (ALEGBELEYE et al. 2012), grilos *Gryllus bimaculatus*

(TAUFEK et al. 2016ab) e bicho da seda *Bombyx mori* (XU et al. 2018). Nesses estudos, a composição nutricional variou de 43,20 - 67,90% (Proteína bruta) e 6,87 - 28,60% (Extrato etéreo), com maiores valores de proteína para farinha de pupa hidrolisada do bicho-da-seda (XU et al. 2018) e de gordura na farinha de larva do *T. molitor* (NG et al. 2001). Em relação aos aminoácidos, insetos do grupo Diptera possuem perfil similar a farinha de peixe, sendo que o teor de metionina de pupa de mosca-soldado negra (3,26% dos aminoácidos totais) é maior em relação a farinha de peixe (2,93% dos aminoácidos totais) (BARROSO et al. 2014). Os valores de lisina são bem próximos entre a larva de mosca doméstica e a farinha de peixe 8,36% e 8,78%, respectivamente (BARROSO et al. 2014). Dessa forma uma mistura de farinhas de insetos seria uma alternativa interessante.

Além disso, larvas de mosca-soldado negra possuem alto teor de ácido láurico, 12:0 (BARROSO et al. 2014). O ácido láurico foi mais bem utilizado como fonte de energia, sem aumentar a gordura intraperitoneal, quando o óleo de larvas de mosca-soldado negra foi adicionado em dieta para Jian carpa (LI et al. 2016). Segundo Rumpold e Schlüter (2013), insetos apresentam pequenas quantidades de ácidos graxos polinsaturados ômega 3 tais como EPA e DHA (eicosapentaenóico 20:5n-3 e docohexaenóico 22:6n-3). No entanto, larvas de mosca-soldado negra podem ser cultivadas em substrato contendo resíduo de peixes (rico em ômega 3), melhorando os níveis desses ácidos graxos (SEALEY et al. 2011).

Outra questão é o exoesqueleto dos insetos constituído parcialmente de quitina, um carboidrato estrutural contendo nitrogênio (BUKKENS, 1997), que propiciou o desenvolvimento de bactérias intestinais benéficas (com provável capacidade de produção de lipase e quitinase), proporcionando flora intestinal mais saudável e diversa em truta arco-íris alimentadas com dieta contendo 30% de farinha de pré-pupa e larvas de mosca-soldado negra (HUYBEN et al. 2019). Por outro lado, a quitina é considerada indigestível para bagre africano alimentados com dietas experimentais contendo 60 - 100% de inclusão da farinha de larvas do *T. molitor* (NG et al. 2001) e 75% - 100% da farinha de gafanhoto *Z. variegatus* (ALEGBELEYE et al. 2012), sendo apontado como a possível causa na redução do ganho de peso. Diferentemente, melhores resultados foram evidenciados para o peso final e taxa de crescimento específico, quando Wang et al. (2017) substituíram

em 75% a farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica em dieta para tilápia-do-nylo e Taufek et al. (2016a, 2018) incluíram 100% da farinha de grilo *G. bimaculatus*, que substituiu a farinha de peixe em dietas para bagre africano.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão sobre o uso de farinha de insetos mais utilizados na nutrição de peixes, abordando aspectos como o valor nutricional, avanços e problemas na utilização da mosca-soldado negra, tenébrio molitor, grilo, gafanhoto, mosca doméstica e bicho-da-seda.

## **2. Objetivo Geral**

Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura dos estudos que utilizaram mosca-soldado negra, mosca doméstica, bicho-da-seda, tenébrio, grilo e gafanhoto na nutrição de peixes cultivados.

## **3. Material e métodos**

Foi realizada uma revisão de estudos sobre o desempenho de peixes cultivados, que analisaram o uso de farinha de diferentes insetos.

A realização desta revisão baseou-se na seguinte pergunta: Os estudos sobre nutrição de peixes publicados até agora conseguiram substituir a farinha de peixe das rações experimentais sem prejudicar significativamente os parâmetros de desempenho em ganho de peso, eficiência alimentar e sobrevivência dos peixes?

### **3.1. Estratégia de busca e seleção dos artigos.**

Foram realizadas buscas sobre estudos de nutrição de peixes cultivados que utilizaram farinhas de insetos mais comumente utilizados nas seguintes bases de dados: *Web of Science*, *Google Acadêmico*, *Scopus* e *Repositório Institucional UNESP*. Não foram aplicados limites de datas na estratégia de busca, que foi realizada de fevereiro a março de 2019. Os estudos foram selecionados em idioma inglês, espanhol e português.

Os critérios para inclusão dos estudos foram:

- Espécies de peixes: peixes de cultivo com diferentes tamanhos;

- Tipos de insetos: mosca doméstica, gafanhoto, grilo, tenébrio, bicho da seda e mosca-soldado negra;
- Parâmetros avaliados: Avaliação do desempenho e eficiência alimentar.

Foram selecionados livros de entomologia e artigos abordando a nutrição aves com farinha de insetos.

### **3.2. Extrações de dados**

A extração dos dados foi realizada de acordo com os tipos de informações disponibilizadas nos estudos:

- a) Informações gerais sobre a biologia dos insetos e composição bromatológica;
- b) Informações gerais sobre os estudos;
- c) Informações sobre a espécie de peixe;
- d) Informações sobre o tipo de processamento feito nas farinhas de inseto;
- e) Informações relacionadas ao desempenho de ganho em peso, eficiência alimentar, coeficiente de digestibilidade aparente (proteína, lipídeo, energia e matéria seca), taxa de sobrevivência, composição corporal e muscular dos peixes, alterações histológicas (fígado, rim e baço), microbiota intestinal e biomarcadores do estresse oxidativo

### **3.3. Análise e interpretação dos dados.**

Os artigos foram organizados por espécie de inseto e dentro destes as diferentes espécies de peixes: tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*), bagre africano (*Clarias gariepinus*), “European seabass” (*Dicentrarchus labrax*), carpa variedade Jian (*Cyprinus carpio*), salmão-do-atlântico (*Salmo salar*), “turbot” (*Scophthalmus maximus*), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), “gilthead sea bream” (*Sparus aurata*) e “blackspot sea bream” (*Pagellus bogaraveo*).

As informações dos estudos foram inseridas em tabelas de maneira a permitir uma rápida e melhor visualização, bem como a comparação dos resultados. Foram identificados os parâmetros de ganho em peso inicial, peso final, taxa de crescimento específico e eficiência alimentar, que são influenciados

significativamente pelos níveis de substituição da farinha de peixe pelas de insetos. Outros estudos contendo dados de composição bromatológica, vitamínica e mineral também foram inseridos em tabelas.

#### **4. O uso de insetos na nutrição de peixes**

Evidências sugerem que insetos surgiram por volta de 420 milhões de anos atrás, mas as principais famílias de insetos modernos apareceram entre 250-120 milhões de anos atrás e atualmente as ordens Coleoptera, Diptera, Hymenoptera e Lepidoptera representam aproximadamente 70% dos insetos (GRIMALDI e ENGEL, 2005). A coevolução dos insetos com as plantas terrestres que produzem flores proporcionou benefícios ambientais fundamentais para a sobrevivência humana (RUPPERT et al. 2005), como transformação da matéria vegetal e animal morta em nutrientes utilizados por fungos, bactérias e plantas e o controle natural em sistemas agroflorestais (VAN HUIS et al. 2013). No Brasil, o controle biológico de pragas em lavouras é realizado com o uso de micro-vespas, vespas e joaninhas (MAPA, 2017). Além disso, a proteína de alta qualidade da larva de mosca soldado negra pode ser uma boa fonte alimentar para frangos (DORTMANS et al. 2017). As larvas da mosca soldado negra reduzem o risco de transmissão de doenças entre animais e humanos, pois são capazes de inativar bactérias transmissoras de doenças (*Salmonella* spp), através da redução em até 80% do volume de material orgânico (DORTMANS et al. 2017).

Estimativas apontam para uma população mundial de 9,7 bilhões de pessoas para as próximas décadas (FAO, 2016) que conseqüentemente provocará para 2050 um aumento de 73% no consumo de carnes em relação a 2010 (FAO, 2011). No entanto, a pecuária atua como promotor da intensificação agrícola, sendo responsável pela emissão de 18% dos gases do efeito estufa (GERBER et al. 2013), promovendo a degradação ambiental (DELGADO et al. 2001), redução da sustentabilidade ambiental e do bem-estar animal (BELLUCO et al. 2013). Nesse contexto, insetos comestíveis são considerados sustentáveis (VAN HUIS et al. 2013), sendo fonte de energia (RAMOS – ELORDUY, 2008), proteínas (BUKKENS, 1997) e lipídeos (COSTA-NETO, 2004). Além disso, insetos são de fácil criação (BARROSO et al. 2014) que pode ser realizada em pequena escala (MAKKAR et

al. 2014), pois não necessita de equipamentos especiais, demandam pouco espaço (COSTA-NETO, 2003). Insetos podem ser alimentados com restos de grãos de soja (DONG et al. 2013) e resíduos de grãos usados em cervejaria (DEVIC et al. 2017). Portanto, não competem diretamente por alimentos destinados ao consumo humano: necessitam de menor quantidade água, emitem menores quantidades de gases do efeito estufa e possuem melhor conversão alimentar (VAN HUIS et al. 2013). A produção em grande escala de insetos é realizada em condições digitalmente controladas, tendo início com a recepção dos resíduos orgânicos ou restos de alimentos provenientes de fazendas, fabricas e restaurantes, que são misturados adequadamente para uma consistência correta para as larvas de mosca-soldado negra. As larvas são separadas dos seus resíduos alimentares, desidratadas e moídas resultando em farinha, fertilizante orgânico e óleo (fabricado sem uso de solventes) (AGRIPROTEIN, 2019).

Atualmente, a empresa Protix (Holanda) fornece grilos, gafanhotos e larvas de tenébrio da linha Fair Insect©, que são vendidos sob encomenda para consumo humano (Tabela 1). Por outro lado, o consumo de insetos em países ocidentais não é bem aceito devido a associação com a aparência, sujeira ou a povos primitivos, mas o desafio da humanidade é produzir alimentos ambientalmente amigáveis. Portanto, uma mudança nos hábitos alimentares futuramente podem ser influenciados pelas questões desafiadoras da sustentabilidade (ZUBEN, 2019).

Devido ao seu valor nutricional, o consumo de insetos não é uma prática recente em algumas partes do mundo (VAN HUIS et al. 2013). Na África e Austrália, algumas culturas consomem formigas e larvas de besouros. Na Tailândia, são consumidos gafanhotos do campo e besouros (DURST e SHONO, 2010). No Brasil, lagartas, cupins, formigas (do tipo saúva), larvas e adultos de besouros são consumidos pela cultura Baniwa, localizadas em Manaus-AM (PETIZA et al. 2013). A produção de insetos comestíveis no Brasil é realizada por pequenas e médias empresas com aproximadamente dois anos de atuação e filiadas na Associação Brasileira de criadores de insetos (ASBRACI). A legislação brasileira não proíbe o consumo de insetos comestíveis. No entanto, a falta de regulamentação acaba não permitindo a produção de insetos destinados para a alimentação humana em maior escala, que ainda é realizada em grande parte de forma artesanal com altos preços (OLIVEIRA, 2018). O que torna mais um desafio

para a atividade. Por outro lado, as larvas desidratadas do tenebrio comum (*T. molitor*), do tenébrio gigante (*Zophobas morio*) e farinha de larvas da mosca-soldado negra desidratadas (*H. illucens*) podem ser utilizadas como ingredientes na alimentação animal no Brasil (MAPA, 2017).

Na aquicultura a farinha de peixe tem sido a fonte de proteína mais utilizada nas formulações de dietas comerciais (MOUTINHO et al. 2017). Devido a sua qualidade nutricional (KIKUSHI, 1999). No entanto, o aumento da produção aquícola demandará maiores quantidades da farinha de peixe (TACON et al. 2011), que também é utilizada em dietas para aves e suínos (ROSTAGNO et al. 2011). Portanto, essa demanda pela farinha de peixe e a redução da sua produção promovem aumentos nos preços (FAO, 2016). Por esses motivos, tem aumentado a procura por fontes de nutrientes alternativas sustentáveis (VAN HUIS et al. 2013). Frente a esse cenário, empresas em vários países utilizam diferentes espécies de insetos para fabricação de seus produtos que são usados como fonte de proteína em dietas usadas na aquicultura, avicultura, suinocultura, animais de companhia e espécies exóticas (Tabela 1).

Os peixes no ambiente natural são submetidos a variações sazonais e espaciais que proporcionaram a capacidade de flexibilizar a sua dieta ingerindo invertebrados aquáticos e terrestres, como os insetos adultos ou larvas (AGOSTINHO et al. 2007). Diante destas questões, insetos demonstram características favoráveis para alimentação animal como boa palatabilidade (MAKKAR et al. 2014), alto teor de proteína (VAN HUIS et al. 2014), ácidos graxos insaturados (BARROSO et al 2014), podem ser alimentados com farelos (DEVIC et al. 2017; DIETZ e LIEBERT, 2018) e restos de grãos vegetais (DONG et al. 2013). A criação de insetos pode ser realizada próximo das cidades reduzindo os custos de transporte (AGRIPROTEIN, 2019). Nas dietas para peixes cultivados as farinhas de insetos podem substituir a farinha de peixe até 25% com aumento no desempenho em crescimento, melhora na eficiência alimentar (SEALEY et al. 2011; ALEGLEBEYE et al. 2012; GASCO et al. 2015) e sem alterações significativas nas condições fisiológicas (OGUNJI et al. 2006; HENRY et al. 2018b; XU et al. 2019) ou imunológicas (BRUNI et al. 2018).

O preço da farinha de peixe de peixe apresentou o valor de 1900 dólares a tonelada entre 2013 e 2017 (FAO, 2018). Considerando que a farinha de peixe é adicionada nas rações entre 30% a 75% do total das formulações (BELFORTI et al. 2015; GASCO et al. 2016; RENNA et al. 2017; BELGHIT et al. 2018) esses valores representariam 30 a 75% do custo total da produção de uma tonelada de ração. Portanto, o uso de farinha de insetos pode reduzir os custos de produção das rações para peixes. A farinha de inseto é um produto de insetos secos ao sol (NG et al. 2001) ou em estufa e depois moídos (FASAKIN et al. 2003). Podem ser usadas diferentes fases de desenvolvimento: larvas (DEVIC et al. 2017), pré-pupa (KROECKEL et al. 2012), pupa (XU et al. 2018) e adultos (TAUFEK et al. 2016ab).

Esta revisão abordará a utilização de insetos na nutrição de peixes cultivados, tendo como base os seguintes grupos/espécies: Diptera: mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*) e mosca doméstica (*Musca doméstica*); Coleoptera: tenébrio (*Tenebrio molitor*); Ortoptera: grilos e gafanhotos e Lepdoptera: bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

**Tabela 1:** Empresas no mundo que produzem e comercialização insetos.

País	Empresa	Espécie/Fase	Produto-Quantidade	Utilização
África do Sul	AgriProtein	Mosca-soldado negra / larva	1. Farinha-5.000/ano e óleo-2.000/ano 2. Fertilizante orgânico-250 toneladas/dia	1. Aquicultura, Avicultura, suinocultura e animais de companhia. 2. Adubação do solo
Chile	Natpro	Mosca-soldado negra / larva	1.Farinha e óleo 2.Fertilizante	1. Nutrição animal 2. Adubação do solo
Canadá	Enterra	Mosca-soldado negra / larva	1.Farinha e óleo 2.Larva seca	1. Aquicultura, Avicultura, suinocultura e animais de companhia. 1 e 2. Alimentação para pássaros, frangos e animais de companhia.
Estados Unidos	Enviroflight	Mosca-soldado negra / larva	1.Farinha e óleo 2.Fertilizante orgânico	1. Aquicultura, Avicultura, suinocultura, animais de companhia e exóticos. 2. Adubação do solo
Vietnam	Entobel	Mosca-soldado negra / larva	1.Farinha 2. Óleo 3.Fertilizante orgânico	1.Ração animal 2.Industrial 3.Adubação do solo
França	Ynsect	<i>Tenebrio molitor</i> / larva	1. Farinha e óleo 2. Fertilizante orgânico	1. Piscicultura e carnicultura 2. Animais de companhia 3. Adubação do solo
China	Hebei Gaobeidian Shannong Biology Co., Ltd	<i>Tenebrio molitor</i> / larva	1.Farinha de larva 2.Larva seca 3. Larva seca enlatada 4. Ovos e frangos	1 e 2. Aves, peixes e animais de companhia. 3. Consumo humano
Holanda	Protix	A. Grilo e gafanhoto / adulto. B. <i>Tenebrio molitor</i> / larva. C. Mosca-soldado negra / larva.	1C. Ovos de aves alimentados com farinha de larva de mosca-soldado negra. 2AB. Grilo, gafanhoto e larvas de tenébrio secos 2C. Farinha e óleo 3C. Fertilizante orgânico 4C. Larva seca 5C. Larva húmida (paté)	1. Consumo humano. 2C. Nutrição peixes, camarões e animais de companhia (4C e 5C). 3C. Adubação do solo.
Reino Unido	NT labs	Bicho-da-seda / Crisálidas	1. Farinha	1. Peixes ornamentais marinho e água doce.
Brasil	Bratac	Bicho-da-seda	1. Crisálidas 2. Fio de seda (tipos: meada e cone) 3. Resíduo (estopa, barbante e cordoalha)	1. Ração para peixes. 2 e 3. Indústria têxtil
Brasil	Safari Insetos	<i>Tenebrio molitor</i> / larva <i>Zophoba morio</i> / larva Barata cinérea / adulto. Barata blaberus / adulto. Grilo preto (assimilis) / adulto. Mosca soldado-negra / larva.	<b>1. Insetos vivos</b> <b>2. Insetos desidratados</b>	1 e 2. Alimentação para pets exóticos, peixes e aves de médio e grande porte.

Brasil	Nutrinjecta	Barata cinérea / adulto. Grilo preto ( <i>assimilis</i> ) / adulto. <i>Zophoba morio</i> / larva. <i>Zophoba morio</i> / larva.	1. Insetos desidratados	1. Complemento alimentar para animais de pequeno porte, pássaros, peixes, lagartos, roedores e primatas.
Brasil	Q-Bio fábrica	Tenébrio / larva Grilo / adulto. Barata cinérea / adulto.	1. Insetos vivos 2. Insetos desidratados	1 e 2. Alimentação para pets.
Brasil	Kaissara Insetos	Grilo / adulto. <i>Tenebrio mollitor</i> / larva. <i>Zophoba morio</i> / larva.	1. Insetos vivos 2. Insetos desidratados 3. Farinhas de Insetos	1, 2 e 3. Consumo humano
Brasil	ZM Agro	<i>Zophoba morio</i> / larva.	1. Insetos vivos	1. Alimento para pássaros, répteis, macacos e peixes.
Brasil	Bicho Brasileiro, Ltda	1. Grilo / adulto. 2. Besourinho do amendoim ( <i>Palembus dermestoides</i> ) / larvas e adulto. 3. <i>Tenebrio mollitor</i> / larvas 4. Cascudinho ( <i>Alphitobius diaperinus</i> ) / larvas 5. Barata ( <i>Leurolestes circunvagans</i> ) / adulto.	1, 2, 3, 4 e 5. Insetos vivos	1, 2, 3, 4 e 5. Alimentação animal anfíbios, peixes, répteis, aves e mamíferos) e isca de pesca.

## 5. Mosca-soldado negra (*Hermetia illucens*).

A mosca-soldado negra (*Hermetia illucens* Linnaeus, 1758) é uma mosca da ordem Díptera pertencente à família Stratiomyidae. É originária das regiões tropical, subtropical e temperadas do continente americano. Pode ser encontrada em todo o mundo entre as latitudes 40° sul e 45° norte, com ocorrência nos continentes Europeu, Africano, Ásia (Indonésia, Japão Filipinas e Siri Lanka) e Oceania (Austrália e Nova Zelândia) (CARUSO et al. 2014).

O ciclo de vida da mosca-soldado negra possui quatro fases (adulto, ovo, larva e pupa). Na fase adulta tem aparência de vespa, normalmente a coloração é negra ou azul podendo alcançar 15 a 20 mm de comprimento (DICLARO et al. 2009) e geralmente a fêmea é maior em relação ao macho. O dimorfismo sexual pode ser definido pela estrutura genital (OLIVEIRA et al. 2015) e a reprodução pode ocorrer o ano inteiro em temperaturas de 24 a 40°C com umidade de 30 a 90% (SHEPPARD et al. 2002).

O número de ovos por fêmea varia de 323 a 621 (TOMBERLIN et al. 2002), que inicialmente apresentam forma oval com 1 mm de comprimento, a coloração pode ser branco creme ou amarelo claro (DICLARO et al. 2009). As larvas eclodem em menos de quatro dias (SHEPPARD et al. 2002), podem alcançar 27 mm comprimento e a coloração é branca de aspecto fosco (DICLARO et al. 2009). Nessa fase, se mantidas em boas condições (28 - 30°C, umidade ≈ 70%) ocorre o endurecimento do exoesqueleto em três ínstaes do desenvolvimento larval. O estágio larval tem duração de aproximadamente 30 dias, mais oito dias para estágio de pré-pupa que podem alcançar o tamanho médio de 19 mm (cor marrom escura) e dez dias de duração do estágio de pupa (OLIVEIRA et al. 2015). As pupas migram do substrato para um local seco e protegido para iniciar a pupação (DIENER et al. 2011) e para emergir em insetos adultos (OLIVEIRA et al. 2015).

A mosca-soldado negra é extremamente resistente a condições ambientais adversas (seca, carência de alimentos e deficiência de oxigênio), não é considerada potencial transmissora de doenças, pode reduzir as bactérias nocivas da mosca doméstica e quando adultas não precisam de cuidados especiais (DIENER et al. 2011). As larvas podem ser usadas no tratamento de resíduos orgânicos (CARUSO et al. 2014), polpa de café (LARDÉ, 1990), restos de alimentos

(BARRY, 2004), esterco de frango (ARANGO GUTIÉRREZ et al. 2004) e de suíno (NEWTON et al. 2005) reduzindo o volume (DIENER et al. 2011) convertendo-os em biomassa com alto teor de proteínas (CARUSO et al. 2014), vitaminas (FINKE, 2013) e minerais (ARANGO GUTIÉRREZ et al. 2004). Além disso, a gordura da larva de mosca-soldado negra pode ser utilizada para a produção de biodiesel (LI et al. 2011).

## 5.1. Valor nutricional da mosca-soldado negra.

### 5.1.1. Composição aproximada da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).

Farinha de larvas e de pré-pupas da mosca-soldado negra apresentaram menores valores de proteína bruta quando comparadas com a farinha de peixe (60,84; 47,60 e 72,00%, respectivamente). No entanto, a qualidade da farinha de peixe é variável e depende do tipo de matéria prima utilizada, tipo de processamento, formas de proteção contra oxidação bem como o modo de armazenamento (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006). Em relação ao conteúdo de lipídeo, farinhas de larvas (14,08%) e pré-pupas (11,80%) são ricas em gordura e demonstraram maior quantidade em relação à farinha de arenque (8,40%). Por outro lado, o conteúdo de cinzas foi menor para a farinha de larva de mosca-soldado negra comparado a farinha de peixe 7,49% e 10,40%, respectivamente (Tabela 2). Provavelmente, o maior valor de cinzas da farinha de peixe pode ser explicado pelo tipo de matéria prima utilizada para sua fabricação que utiliza resíduos de pescado contendo cabeça, carcaça, vísceras e pele (VIDOTTI e GONÇALVES, 2007).

**Tabela 2:** Composição química da farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e da farinha de peixe (arenque).

Nutriente	Dietz e Liebert (2018)	Kroeckel et al. (2012)	NRC (2011)
	Larva	Pré-pupa	Farinha de peixe
Matéria Seca (%MS)	94,47	55,60	92,00
Proteína bruta (%MS)	60,84	47,60	72,00
Gorduras totais (%MS)	14,08	11,80	8,40
Cinza (%MS)	7,49	15,90	10,40
Fibra bruta (%MS)	n.i.	n.i.	0,60
Quitina (%)	11,11	9,60	n.i.
Energia bruta (kcal.kg <sup>-1</sup> )	5485,18	5043,02	4340,00*
ENN (%)	17,59	15,10	9,20

Nota: n.i. indica dado não informado. ENN: Extrativo não nitrogenado. MS: Matéria seca; farinha de resíduo de bagre (% como alimentação básica). \*Energia digestível para truta arco-íris.

### 5.1.2. Composição de aminoácidos da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque)

A farinha de pré-pupa de mosca-soldado negra pode ser uma importante fonte de aminoácidos indispensáveis, pois contém maiores quantidades que a farinha de peixe (arenque) (Tabela 3). A farinha de larvas de mosca-soldado negra apresenta valores superiores de histidina, metionina e triptofano em relação a farinha de peixe, podendo ser considerada uma boa fonte desses aminoácidos para peixes cultivados.

**Tabela 3:** Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).

	Liu et al. (2017) Dietz e Liebert (2018) (g/16g N)	Kroeckel et al. (2012) (% proteína bruta)	NRC (2011) (% MS)
<b>Aminoácidos (%)</b>	<b>Larva</b>	<b>Pré-pupa</b>	<b>Farinha de peixe</b>
<b>Indispensáveis</b>			
Arginina	2,05	5,71	3,73
Histidina	3,16	3,34	1,53
Isoleucina	1,56	5,19	3,64
Leucina	2,71	8,63	4,69
Lisina	2,32	7,12	7,30
Metionina	2,24	2,18	2,20
Fenilalanina	1,86	3,89	2,68
Treonina	1,84	4,64	2,82
Triptofano	1,31	n.i.	0,76
Valina	1,87	7,21	3,51
<b>Dispensáveis</b>			
Ácido glutâmico	4,52	n.i.	n.i.
Alanina	2,33	n.i.	n.i.
Asparagina	3,63	n.i.	n.i.
Cistina	n.i.	0,82	1,60
Glicina	1,78	n.i.	n.i.
Prolina	2,19	n.i.	n.i.
Tirosina	2,55	n.i.	2,15
Serina	1,60	n.i.	n.i.

Nota: n.i. indica dado não informado. Farinha de arenque (como alimentação básica): matéria seca 92,00% e proteína bruta 72,00%.

### 5.1.3. Composição de ácidos graxos dos lipídeos da farinha de larva, pré-pupa de mosca-soldado negra e óleo de peixe (arenque)

Na Tabela 4 observa-se que a pré-pupa de mosca-soldado negra possui alto conteúdo de ácido linoleico (18:2n-6), ácido oleico (18:1n-9) e maior quantidade de ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3n-3) comparado ao óleo de peixe (arenque). O ácido  $\alpha$ -linolênico é particularmente importante para peixes de água doce, que possuem a capacidade de convertê-los em EPA e DHA (SARGENT et al. 1993). Larvas de

mosca-soldado negra são ricas em ácido láurico (C12:0) (BARROSO et al. 2014; MAKKAR et al. 2014) que pode ser mais bem utilizado como fonte de energia, sem aumentar a gordura intraperitoneal, quando o óleo de larvas é adicionado em dietas para juvenis de Jian carpa em quantidades de 6,25 a 25,00 g.kg<sup>-1</sup> (LI et al. 2016). Por outro lado, a farinha de larva (RENNA et al. 2017) e farinha de pré-pupa (ST-HILAIRE et al. 2007a) da mosca-soldado negra apresentam níveis não detectáveis ou ausentes de EPA e DHA, que poderia ser um problema quando da sua utilização em dietas para peixes marinhos (SARGENT e TACON, 1999). No entanto, a utilização de resíduos de peixes como substrato de criação pode aumentar a quantidade desses ácidos graxos (SEALEY et al. 2011; ST-HILAIRE et al. 2007b).

**Tabela 4:** Composição de ácidos graxos saturados, mono insaturados e poli insaturados (% ácidos graxos totais) de larva, pupa de mosca-soldado negra e óleo de peixe (arenque).

Ácido Graxo	Liu et al. (2017)	Kroeckel et al. (2012)	NRC (2011)
	Larva	Pré-pupa	Óleo de peixe
<b>Saturados (%)</b>			
Decanoico 10:0	1,10	0,90	n.i.
Láurico 12:0	61,40	47,00	n.i.
Mirístico 14:0	10,20	6,50	6,40
Palmítico 16:0	7,80	15,00	12,70
Esteárico 18:0	1,00	2,20	0,90
Σ Saturados	81,50	71,60	20,00
<b>Monoinsaturados (%)</b>			
Palmitoléico 16:1	2,50	n.i.	8,80
Elaídico 18:1	0,10	n.i.	12,70
Palmitoleico 16:1n-9	n.i.	3,10	n.i.
Oleico 18:1n-9	n.i.	14,00	n.i.
Vacênico 18:1n-7	n.i.	0,20	n.i.
Gondóico 20:1n-9	n.i.	< 0,10	n.i.
Cetoléico 22:1n-11	n.i.	< 0,10	n.i.
Erúcido 22:1n-9	n.i.	< 0,10	n.i.
Σ Monoinsaturados	2,60	17,30	21,50
<b>Polinsaturado (%)</b>			
Linoléico 18:2n-6	7,20	9,40	1,10
Araquidônico 20:4n-6	n.i.	< 0,10	0,30
α- linolênico 18:3n-3	0,40	0,80	0,60
Estearidônico 18:4n-3	n.i.	< 0,10	1,70
Eicosapentaenóico 20:5n-3	n.i.	< 0,10	8,40
Clupanodônico 22:5n-3	n.i.	< 0,10	0,80
Docosahexaenóico 22:6n-3	n.i.	< 0,10	4,90
Σ Polinsaturado (%)	7,60	10,20	17,80

Nota: n.i. indica dado não informado.

#### 5.1.4. Composição de vitaminas da larva, pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque)

Larvas de mosca-soldado negra são fontes de vitaminas do complexo B (B1, B2 e B6). A quantidade de vitamina D3 foi de 100 UI/kg e está ausente na farinha de peixe (arenque). Em peixes, as deficiências dessas vitaminas podem provocar hemorragias, perda de apetite, irritabilidade e aumento de gordura no fígado (NRC,

2011). Larvas demonstraram maiores valores de ácido fólico, ácido pantotênico, colina e carnitina. Em pré-pupas, a quantidade de vitamina E foi superior quando comparado a larva e farinha de peixe (arenque) (Tabela 5).

**Tabela 5:** Composição de vitaminas (com base na matéria seca) da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e farinha de peixe (arenque).

Vitaminas	Finke (2013)	Liu et al. (2017)	NRC (2011)
	Larva	Pré-pupa	Farinha de peixe
A (µg retinol / kg)	<300,00	n.i.	n.a
Tiamina B1 (mg / kg)	7,70	n.i.	0,40
Riboflavina B2 (mg / kg)	16,20	n.i.	9,70
Piridoxina B6 (mg / kg)	6,01	n.i.	4,77
Cobalamina B12 (mg / kg)	5,58	n.i.	430,00
C (mg / kg)	<10,00	n.i.	n.a
D2 (UI / kg)	<80,00	n.i.	n.a
D3 (UI / kg)	100,00	n.i.	n.a
E (mg / kg)	6,20	33,00	22,10
Biotina (mg / kg)	0,35	n.i.	0,49
Ácido fólico (mg / kg)	2,70	n.i.	0,30
Niacina (mg / kg)	71,00	n.i.	85,00
Ácido pantotênico (mg / kg)	38,50	n.i.	17,30
Colina (mg / kg)	1100,00	n.i.	5,26
Carnitina	83,00	n.i.	n.i.

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 5.1.5. Composição de minerais da mosca soldado-negra e farinha de peixe (arenque)

Pré-pupas da mosca-soldado negra são fontes de cálcio, magnésio, manganês e ferro com maiores valores desses minerais. Peixes podem apresentar redução do crescimento, anomalias esqueléticas e anemia como sinais de deficiências desses minerais (NRC, 2011). Além disso, a pré-pupa de mosca-soldado negra demonstrou bom nível de fósforo quando comparado aos valores da farinha de peixe. As larvas apresentaram melhores níveis de zinco, cálcio e ferro em relação a farinha de peixe (Tabela 6).

**Tabela 6:** Composição de minerais (com base na matéria seca) da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra e de farinha de peixe (arenque).

Minerais	Liu et al (2017)	Newton et al. (2005)	NRC (2011)
	Larva	Pré-pupa	Farinha de peixe
Fósforo (%)	0,35	1,51	1,67
Potássio (%)	n.i.	0,69	1,08
Sódio (%)	n.i.	n.i.	0,59
Cloro (%)	n.i.	n.i.	0,99
Enxofre (%)	n.i.	n.i.	0,46
Cálcio (%)	2,90	5,00	2,20
Magnésio (%)	n.i.	0,39	0,14
Selênio (ppm)	n.i.	n.i.	1,95
Manganês (ppm)	n.i.	246,00	4,80
Ferro (ppm)	2000,00	1370,00	114,00
Zinco (ppm)	614,00	108,00	125,00
Estrôncio (ppm)	n.i.	53,00	n.i.
Cobre (ppm)	n.i.	6,00	5,60
Alumínio (ppm)	n.i.	97,00	n.i.
Bário (ppm)	n.i.	33,00	n.i.

Nota: n.i. indica dado não informado. Farinha de arenque (como alimentação básica), 92% matéria seca.

## 5.2. Uso da larva e pré-pupa de mosca-soldado negra na alimentação de peixes

A mosca-soldado negra começou a ser usada na alimentação animal em 1968 (CALVERT et al. 1969), mas apenas em 1981 que larvas foram usadas em testes alimentares com tilápia azul (*Oreochromis aureus*) e bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (BONDARI e SHERPPARD, 1981). Posteriormente, não receberam muita atenção até o ano de 2007 (NEWTON et al. 2005; ST-HILAIRE et al. 2007a). Só recentemente que os insetos ganharam mais destaque (SEALEY et al. 2011; KROECKEL et al. 2012; LOCK et al. 2016; DEVIC et al. 2017; BELGHIT et al. 2018; LI et al. 2019). Nestes estudos, foram analisados parâmetros de desempenho produtivo, composição corporal e muscular. No total foram encontrados 23 artigos que utilizaram larva ou pré-pupa de mosca-soldado negra.

### 5.2.1 Desempenho em peixes usando larva e pré-pupa de mosca-soldado negra

Os resultados de desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica foram inseridos na Tabela 7. Os menores e maiores valores representam os efeitos dos níveis de substituição da farinha de peixe ou outro ingrediente, que estão entre parênteses. No total foram tabelados os resultados de 17 artigos.

No estudo de Newton et al. (2005), níveis até 7,5% de inclusão da farinha de pré-pupas da mosca-soldado negra cultivadas em esterco suíno (que representou 7,5% do total da formulação) podem ser utilizados, não prejudicaram o desempenho em crescimento e a eficiência alimentar de juvenis do bagre do canal. Bondari e Sheppard (1981) não observaram diferenças significativas para o peso corporal e comprimento total de juvenis do bagre de canal e juvenis de tilápia azul, ambas as espécies alimentadas com dietas contendo 100% de larva de mosca-soldado negra (cultivadas em esterco de frango) picadas, quando comparados com peixes de duas dietas comerciais usadas como controle (contendo 30% e 45% proteína bruta).

Dietas para juvenis de tilápia-do-nilo contendo 25% de substituição do concentrado proteico de soja pela farinha de larva parcialmente desengordurada cultivadas em centeio e farelo de trigo (que representou 9,25% do total da formulação) proporcionou significativamente melhor taxa de crescimento, eficiência alimentar e proteica quando comparados com peixes da dieta 100%, mas não diferiu significativamente das outras dietas sendo possíveis substituições até 50% (DIETZ e LIEBERT, 2018). Dietas com 70% substituição da farinha de peixe pela de farinha de larva de mosca-soldado negra (que representou 8% do total da formulação) cultivadas em resíduo de cervejaria e farelo de trigo podem ser utilizadas para juvenis de tilápia-do-nilo, sem afetar significativamente os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar e proteica (DEVIC et al. 2017).

O desempenho em crescimento e eficiência alimentar de juvenis de Jian carpa alimentados com dieta contendo 75% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas (que representou 10,5% do total da formulação) não diferiram significativamente dos peixes das dietas 0%, 50% e 100% (ZHOU et al. 2017). Os autores concluíram que foi possível a substituição total da farinha de peixe. No entanto, para juvenis dessa mesma espécie Li et al. (2017) recomendaram substituições até 50% da farinha de peixe pela farinha de larvas desengorduradas (método de Soxlet) que representou 5,3% do total da formulação, pois não causaram efeitos negativos no crescimento, eficiência alimentar e parâmetros imunológicos.

Dieta para juvenis do salmão do atlântico com 85% de substituição da farinha de peixe pela larvas de mosca-soldado negra cultivada em resíduo orgânico e alga marinha (que representou 60% do total da formulação) não influenciaram o desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica (BELGHIT et al. 2018). A farinha de peixe pode ser substituída totalmente pela farinha de larvas de mosca-soldado negra em dietas para adultos do salmão do atlântico (que representou 14,75% do total da formulação) sem prejudicar o crescimento, eficiência alimentar e proteica (BELGHIT et al. 2019b).

Juvenis de truta arco-íris alimentados com dieta que substituiu 50% da farinha de peixe pela farinha de larva parcialmente desengordurada de mosca-soldado negra (que representou 13,19% do total da formulação) não diferiram significativamente no ganho de peso e taxa de crescimento específico, quando comparados aos peixes da dieta controle (20% de farinha de arenque) (DUMAS et al. 2018). No entanto, esses autores verificaram redução desses parâmetros quando os peixes foram alimentados com dieta contendo 100% de substituição. De acordo com os autores, o conteúdo de quitina pode ter influenciado na redução da digestibilidade do lipídeo 73% e 83 % entre a dieta teste com 20% de inclusão da farinha de larva de mosca-soldado negra comparado com a dieta controle.

A quitina pode ser a possível causa da redução da digestibilidade da proteína em dietas com 85% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca-soldado negra, que reduziu a atividade da enzima leucina aminopeptidase no intestino de salmão do atlântico (BELGHIT et al. 2018). De acordo com St-Hilaire et al. (2007a), a quitina foi a provável causa de redução do peso final de juvenis de truta arco-íris de dietas com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa de mosca-soldado negra cultivadas em esterco suíno (que representou 29,8% do total da formulação). Por outro lado, dieta para juvenis de truta arco-íris contendo uma mistura de 70% da dieta referência e 30% de farinha de pré-pupa (criadas em restos de alimentos) da mosca-soldado negra não influenciou no ganho de peso (HUYBEN et al. (2019)

Dietas para juvenis do peixe chato (KROECKEL et al. 2012) contendo substituições da farinha de peixe (arenque) em 76% pela farinha de pré-pupas da mosca-soldado negra (que representou 75,6% do total da formulação) reduziram

significativamente o peso final, a taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar e proteíca. A substituição total do concentrado proteíco de soja pela farinha de larva de mosca-soldado negra (que representou 37% do total da formulação) em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo provocou redução do crescimento, menor eficiência alimentar e proteíca (DIETZ e LIEBERT, 2018) (Tabela 7). Nesses estudos, ambas as farinhas de pré-pupa e larva foram desengorduradas sob pressão. Juvenis do robalo europeu podem ser alimentados com dietas contendo até 45% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa (que representou 19,5% do total da formulação) (MAGALHÃES et al. 2017).

Além da quitina, outros fatores devem ser considerados na variação das respostas do desempenho das diferentes espécies de peixes. O tipo de substrato, fase de desenvolvimento do inseto e método de processamento. Kroeckel et al. (2012) hipotetizaram que tipo de desengorduramento usando pressão pode causar a integração do lipídeo na estrutura da quitina prejudicando a sua disponibilidade em níveis de 20% (DUMAS et al. 2018) e 50% (RENNA et al. 2017) de farinha de larvas de mosca-soldado negra.

No geral, os resultados evidenciaram que peixes das dietas tratamento com 25% ou 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha da mosca-soldado negra demonstraram desempenho melhor ou similar, quando comparados com os peixes dos tratamentos controle e outras dietas. Mas, dietas contendo maiores substituições da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca-soldado negra em 85% a 100% foram possíveis sem reduções significativas do crescimento, eficiência alimentar e proteíca.

**Tabela 7:** Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.

Espécie (Fase de crescimento)	Nível de substituição (%) (Fase)	PC <sup>1</sup> / GP <sup>2</sup> / PF <sup>3</sup> (g) (min. e max.)	TCE (%/dia) (min. e max.)	TCA (g) (min. e max.)	TEP4/VPP5 (min. e max.)	Referência
<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (Juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100 (FL) (larva)	7,53 <sup>2</sup> (50%); 8,34 (75%)	3,71 (25%); 3,82 (75%)	1,12 (75%); 1,20 (25%)	n. i.	Zhou et al. (2017)
	0; 25; 50; 75 e 100 (FLD)	204,9 <sup>3</sup> (50%); 220,1 (75%)	1,99 (50%); 2,08 (75%)	1,48 (75%); 1,50 (0%)	1,59 <sup>4</sup> (50%); 1,65 (75%)	Li et al. (2017)
<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (Juvenil)	0; 15; 30 e 45 (FP)	13,71 <sup>2A</sup> (0%); 14,6 (30%)	2,09 <sup>A</sup> (0%); 2,28 (30%)	n. i.	1,27 <sup>A</sup> (45%); 1,34 (15%)	Magalhães et al. (2017)
<i>Ictalurus punctatus</i> Bagre de canal (Juvenil)	0; 50; 75 e 100 (LIP)	63 <sup>1A</sup> (100%); 71 (0%)	n. i.	n. i.	n. i.	Bondari e Sheppard (1981)
	7,5; 15; 22,5 e 30 (PPS)	13,7 <sup>2</sup> (22,5%); 18,00 (7,5%)	n. i.	1,87 (7,5%); 2,55 (22,5%)	1,28 <sup>4</sup> (22,5%); 1,68 (7,5%)	Newton et al. (2005)
	30 (FL); 30 (FP) e 30 (FL)	74,0 <sup>2A</sup> (0%); 81,8 (30%)	n. i.	n. i.	n. i.	Huyben et al. (2019)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0; 25 e 50 (PPS)	*1899 <sup>3B</sup> (50%); *2396 (0%)	n. i.	1,18 <sup>B</sup> (0%); 1,47 (50%)	n. i.	St-Hillaire et al. (2007a)
	0; 25 e 50 (LPD)	358,93 <sup>A</sup> (50%); 366,5 (25%)	1,41 (50%); 1,42 (25%)	0,88 (25%); 0,90 (50%)	2,47 <sup>4</sup> (50%); 2,52 (25%)	Renna et al. (2017)
	0; 25 e 50 (PPS)	102 <sup>2B</sup> (50%); 123 (0%)	n. i.	1,1 (50%); 1,2 (0%)	n. i.	Sealey et al. (2011)
	0; 25; 50 e 100 (LS)	286,60 <sup>2B</sup> (100%); 341,50 (0%)	0,260 <sup>B</sup> (100%); 0,289 (0%)	0,78 <sup>B</sup> (0%); 0,91 (100%)	n. i.	Dumas et al. (2018)
<i>Oreochromis aureus</i> Tilápia azul (Juvenil)	0; 50; 75 e 100 (LIP)	69 <sup>1A</sup> (100%); 80 (75%)	n. i.	n. i.	n. i.	Bondari e Sheppard (1981)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (Juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100 (LS)	7,44 <sup>2B</sup> (100%); 8,74 (50%)	2,23 (100%); 2,43 (50%)	3,08 (25%); 3,31 (100%)	1,02 <sup>4B</sup> (100%); 1,17 (50%)	Muin et al. (2017)
	0; 20; 50 e 70 (LS)	16,0 <sup>3A</sup> (0%); 17,0 (50%)	3,1 (70%); 3,2 (20%)	2,0 (50%); 2,2 (0%)	1,2 <sup>4A</sup> (0%); 1,3 (50%)	Devic et al. (2017)
	0; 25; 50 e 100 (FLD)	68,9 <sup>3A</sup> (100%); 72,9 (25%)	1,21 <sup>B</sup> (100%); 1,32 (25%)	1,79 <sup>B</sup> (25%); 2,02 (100%)	1,28 <sup>4B</sup> (100%); 1,43 (25%)	Dietz e Liebert (2018)
<i>Psetta maxima</i> Peixe chato (juvenil)	0; 17; 33; 49; 64 e 76 (PPD)	77 <sup>3B</sup> (76%); 139 (0%)	0,63 <sup>B</sup> (76%); 1,73 (0%)	0,76 <sup>B</sup> (0%); 1,21 (76%)	1,6 <sup>4B</sup> (76%); 2,4 (0%)	Kroeckel et al. (2012)
<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico	Adulto 0; 25; 50 e 100 (FL)	498 <sup>3B</sup> (100%); 575 (25%)	n. i.	1,14 <sup>B</sup> (50%); 1,24 (25%)	0,40 <sup>5</sup> (100%); 0,42 (0%)	Lock et al. (2016)
	Juvenil 0 e 85 (FL)	139,5 <sup>3A</sup> (85%); 143 (0%)	1,89 <sup>A</sup> (85%); 1,91 (0%)	0,77 <sup>A</sup> (0%); 0,79 (85%)	2,86 <sup>5</sup> (85%); 2,77 (0%)	Belghit et al. (2018)
	Adulto 0; 33; 66 e 100 (FLD)	3650 <sup>3A</sup> (33%); 3721 (66%)	0,8 <sup>A</sup> (33%); 0,9 (66%)	1,1 <sup>A</sup> (0%); 1,1 (33%)	0,3 <sup>5A</sup> (0%); 0,3 (66%)	Belghit et al. (2019b)

PC: Peso corporal, GP: Ganho de peso. PF: Peso final. TCE (%/dia): Taxa de crescimento específico. TCA: Taxa de conversão alimentar. TEP: Taxa de eficiência proteica. VPP: valor produtivo proteico. (LIP): Larvas inteiras e picadas. (LPD): Larva parcialmente desengordurada. (LS): Larva seca. (FL): Farinha de larva. (FLD): Farinha de larva desengordurada. (PPS): Pré-pupa seca. (PPD): Pré-pupa desengordurada. (FP): Farinha de Prépupa. \* Valor médio de quatro tanques réplica (15 peixes/tanque). Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup> não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **5.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) em peixes alimentados com lavar e pré-pupa de mosca-soldado negra**

Dieta com 25% substituição da farinha de peixe pela farinha de larva parcialmente desengordurada de mosca-soldado negra criadas em resíduos de vegetais (que representou 20% do total da formulação) pode ser utilizada para juvenis de truta arco-íris, pois não causou efeitos negativos no coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca, extrato etéreo e energia (RENNA et al. 2017). Dumas et al. (2018) evidenciam resultados similares para o CDA da proteína e matéria seca de dieta contendo uma mistura de 80% de uma dieta referência e 20% de farinha de larvas (parcialmente desengorduradas - pressão) de mosca-soldado negra para juvenis de truta arco-íris, mas o CDA do lipídeo foi significativamente reduzido nessa dieta. Dieta tratamento contendo 15% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa desengordurada de mosca-soldado negra (que representou 6,5% do total da formulação) para juvenis do robalo europeu não modificou o CDAs de nutrientes (MAGALHÃES et al. 2017). No entanto, os autores sugeriram que níveis até 45% de substituição pode ser utilizados.

Dietas para juvenis do salmão do atlântico contendo 85% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra criadas em uma mistura de alga marinha e resíduos orgânico (50:50) (que representou 60% do total da formulação) podem ser utilizadas, sem alterar significativamente o CDA do lipídeo e cinzas (BELGHIT et al. 2018). Além disso, adultos dessa mesma espécie podem alimentados com dietas contendo níveis de substituição da farinha de peixe até 100% pela farinha de larva parcialmente desengordurada de mosca-soldado negra criadas em uma mistura de alga marinha e resíduos orgânico de vegetais (60:40) sem efeitos adversos no CDA da proteína e lipídeo (BELGHIT et al. 2019b) (Tabela 8).

Kroeckel et al. (2012) verificaram que dieta para o peixe chato contendo 20,7% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa desengorduradas da mosca-soldado negra (que representou 30% do total da formulação) diminuiu o CDA da proteína, lipídeo e energia. Os autores atribuíram esses resultados ao curto trato digestivo e baixa taxa metabólica da espécie. Os

resultados observados para lipídeos decorrem provavelmente do conteúdo de quitina, que pode interferir na digestibilidade (ST-HILLAIRE et al. 2007a; RENNA et al. 2017).

O coeficiente de digestibilidade aparente de nutrientes de dietas contendo a farinha de larva ou pré-pupa de mosca-soldado negra é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, fase de desenvolvimento do inseto, substrato de alimentação, tipo de desengorduramento, nível de substituição ou conteúdo de quitina.

**Tabela 8:** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.

Espécie	<sup>1</sup> <i>Psetta maxima</i> Peixe chato	<sup>2,3</sup> <i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris	<sup>4</sup> <i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu	<sup>5,6</sup> <i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico		
Fase de crescimento	Juvenil	Juvenil	Juvenil	Juvenil	Adulto	
Nível de substituição (%)	0 e 20,7	0; 25 e 50	0 e 20	0; 15; 30 e 45	0 e 85	0; 33; 66 e 100
Fase de desenvolvimento	Pré-pupa desengordurada	Larva desengordurada	Larva Desengordurada	Larva desengordurada	Larva desengordurada	Larva desengordurada
<b>Proteína bruta (min. e max.)</b>	81,1 (20,7%); 89,1 (0%)	87,0 <sup>B</sup> (50%); 91,0 (25%)	88,0 <sup>A</sup> (20%); 89,0 (0%)	91,3 <sup>A</sup> (0%); 93,4 (15%)	93 <sup>B</sup> (85%); 96 (0%)	82,0 <sup>A</sup> (100%); 84,0 (0%)
<b>Lípido (min. e max.)</b>	92,8 (20,7%); 98,7 (0%)	97,0 <sup>A</sup> (50%); 99,0 (25%)	73,0 <sup>B</sup> (20%); 83,0 (0%)	91,5 <sup>A</sup> (15%); 93,0 (0%)	99 <sup>A</sup> (0%); 99 (85%)	84,0 <sup>A</sup> (33%); 88,0 (66%)
<b>Matéria seca (min. e max.)</b>	n.i.	74,0 <sup>B</sup> (50%); 79,0 (25%)	75,0 <sup>A</sup> (20%); 77,0 (0%)	74,5 <sup>A</sup> (0%); 80,7 (15%)	n.i.	n.i.
<b>Energia (min. e max.)</b>	75,0 (20,7%); 84,9 (0%)	60,0 <sup>A</sup> (50%); 65,0 (25%)	n.i.	78,3 <sup>A</sup> (0%); 83,7 (15%)	n.i.	n.i.
<b>Cinzas (min. e max.)</b>	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	74 <sup>A</sup> (85%); 75 (0%)	n.i.

<sup>1</sup>Kroeckel et al. (2012), <sup>2</sup>Renna et al. (2017), <sup>3</sup>Dumas et al (2018), <sup>4</sup>Magalhães et al. (2017), <sup>5</sup>Belghit et al. (2018, 2019a), <sup>6</sup>Belghit et al. (2019b). Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **5.3. Efeito do uso de larva e pré-pupa de mosca-soldado negra composição corporal e qualidade dos peixes**

#### **5.3.1 Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra**

Dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas parcialmente desengordurada de mosca-soldado negra criadas em resíduo vegetal (que representou 20% do total da formulação) para juvenis de truta arco-íris não alterou o conteúdo de matéria seca muscular (RENNA et al. 2017). Juvenis de tilápias-do-nilo podem ser alimentados com dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 15% do total da formulação) sem efeitos negativos no conteúdo de matéria seca corporal (MUIN et al. 2017). Substituições da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa criadas em esterco bovino em 25% (que representou 18,12% do total da formulação) para juvenis de truta arco-íris não prejudicaram o conteúdo de matéria seca (SEALEY et al. 2011).

A farinha de larva desengordurada pode substituir em 100% a farinha de peixe (representou 10,6% do total da formulação) em dietas para juvenis de Jian carpa sem alterar o conteúdo de matéria seca muscular (LI et al. 2017). Por outro lado, dietas para juvenis de truta arco-íris e juvenis do peixe chato que substituíram a farinha de peixe em 50% e 64% pela farinha de pré-pupa de mosca-soldado negra criadas em esterco de suíno (ST-HILLAIRE et al. 2007a) ou desengordurada (KROECKEL et al. 2012) reduziu o conteúdo de matéria seca corporal (Tabela 9).

Belforti et al. (2015) também evidenciaram redução da matéria seca no filé de truta arco-íris com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de tenébrio. Provavelmente, essa redução decorre da menor digestibilidade da matéria seca da farinha de pré-pupa (KROECKEL et al 2012).

As composição de matéria seca corporal ou muscular dos peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva ou pupa são influenciadas pelos seguintes fatores: Espécie de peixe, nível de substituição, substrato de criação, fase de desenvolvimento do inseto ou tipo de processamento.

### **5.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.**

Dieta para de juvenis de tilápia-do-nilo contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 15% do total da formulação) pode ser utilizada sem efeitos adversos no conteúdo de extrato etéreo corporal (MUIIN et al. 2017). Dietas para juvenis de Jian carpa com 75% ou 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas desengordurada de mosca-soldado negra (que representaram 10,5% ou 10,6% do total das formulações) não alteraram o extrato etéreo corporal (ZHOU et al. 2017) ou muscular (LI et al. 2017).

Adultos de salmão do atlântico podem ser alimentados com dieta tratamento contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra criadas em restos de alimentos (que representou 25% do total da formulação) sem alterações significativas no teor de extrato etéreo corporal (LOCK et al. 2016). No estudo de Renna et al. (2017), dietas para juvenis de truta arco-íris com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas desengorduradas de mosca-soldado negra criadas em resíduo de vegetais (que representou 40% do total da formulação) aumentou o teor de extrato etéreo corporal, comparado com peixes da dieta controle. O nível de quitina (2,09%) na dieta não prejudicou a biodisponibilidade do lipídeo bruto, sendo confirmado pelo elevado coeficiente de digestibilidade (97%) do extrato etéreo (RENNNA et al. 2017).

Dietas para juvenis de truta arco-íris com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupas criadas em esterco suíno (ST-HILLAIRE et al. 2007a) ou resíduo de peixe (SEALEY et al. 2011) reduziram os teores de lipídeo corporal e muscular, quando comparado com os peixes das dietas controle. No estudo de Kroeckel et al. (2012) juvenis do peixe chato de dieta tratamento com 76% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupas desengorduradas (utilizando pressão) também demonstraram redução do extrato etéreo corporal.

No geral, o conteúdo de extrato etéreo corporal ou muscular é influenciado seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, tipo de processamento, fase de desenvolvimento ou substrato de alimentação do inseto.

**Tabela 9:** Composição de matéria seca e extrato etéreo corporal e muscular de peixes alimentados em dietas contendo larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.

Espécie (Fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Fase de desenvolvimento	Matéria seca (%)		Extrato etéreo (%)	
			Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	<sup>1</sup> 0, 25 e 50	Pré-pupa	26,90 <sup>B</sup> (50%); 29,50 (0%)	n.i.	9,3 <sup>B</sup> (50%); 11,8 (0%)	n.i.
<i>Truta arco-íris</i> (Juvenil)	<sup>2</sup> 0, 25 e 50 <sup>3</sup> 0, 25 e 50	Pré-pupa Larva	n.i. n. a	24,40 <sup>B</sup> (25%); 26,80 (0%) 25,06 <sup>A</sup> (0%); 26,31 (50%)	n.i. n.i.	2,4 <sup>B</sup> (50%); 4,7 (0%) 4,18 <sup>B</sup> (0%); 5,48 (50%)
<i>Psetta maxima</i> Peixe chato (Juvenil)	<sup>4</sup> 0, 17, 33, 49, 64 e 76	Pré-pupa	22,60 <sup>B</sup> (64%); 24,50 (0%)	n.i.	3,8 <sup>B</sup> (76%); 5,8 (0%)	n.i.
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (Juvenil)	<sup>5</sup> 0, 25, 50, 75 e 100 <sup>6</sup> 0, 20, 50 e 70	Larva Larva	95,76 <sup>A</sup> (50%); 96,24 (0%) n.i.	n.i. n.i.	21,02 <sup>A</sup> (0%); 21,07 (50%) 9,61 <sup>A</sup> (20%); 10,78 (0%)	n.i. n.i.
<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (Juvenil)	<sup>7</sup> 0, 25, 50, 75 e 100 <sup>8</sup> 0, 25, 50, 75 e 100	Larva Larva	24,09 <sup>A</sup> (75%); 25,93 (25%) 24,63 <sup>A</sup> (0%); 25,65 (75%)	21,34 <sup>A</sup> (100%); 21,68 (0%) 20,54 <sup>A</sup> (100%); 20,87 (25%)	5,43 <sup>A</sup> (75%); 7,11 (25%) 16,11 <sup>A</sup> (50%); 16,77 (75%)	1,49 <sup>A</sup> (0%); 1,16 (50%) 2,14 <sup>A</sup> (100%); 2,57 (0%)
<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (Adulto)	<sup>9</sup> 0, 25, 50 e 100	Larva	n.i.	n.i.	12,2 <sup>A</sup> (0%); 12,6 (100%)	n.i.

<sup>1</sup>St-Hillaire et al. (2007a), <sup>2</sup>Sealey et al. (2011), <sup>3</sup>Renna et al. (2017), <sup>4</sup>Kroeckel et al. (2012), <sup>5</sup>Muin et al. (2017), <sup>6</sup>Devic et al. (2017), <sup>7</sup>Zhou et al. (2017), <sup>8</sup>Li et al. (2017), <sup>9</sup>Lock et al. (2016). Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **5.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.**

Dietas para juvenis de tilápia-do-nylo com 70% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 8,0% do total da formulação) criadas em substrato com resíduo de cervejaria e farelo de trigo aumentou o conteúdo de cinzas corporal, quando comparado com peixes da dieta controle (DEVIC et al. 2017). Juvenis da mesma espécie demonstraram maior teor de cinzas quando alimentados com dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 7,5% do total da formulação), mas dietas com 100% não provocaram efeitos adversos no conteúdo de cinzas corporal (MUIN et al. 2017). Juvenis de truta arco-íris de dieta com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas desengordurada de mosca-soldado negra criadas em resíduos vegetais (que representou 40% do total da formulação) não demonstraram redução significativa no teor de cinzas muscular, comparados com peixes da dieta controle (RENNA et al. 2017).

Sealey et al. (2011) não observaram efeitos adversos no conteúdo de cinzas muscular dos juvenis de truta arco-íris alimentados com dieta experimental contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa enriquecida com resíduo de peixe (que representou 36,24% do total da formulação), quando comparados com os peixes da dieta controle. Juvenis de jian carpa não demonstraram alterações significantivas no conteúdo de cinzas corporal quando alimentados com dietas contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas desengorduradas (que representou 10,6% do total da formulação) (LI et al. 2017). Kroeckel et al. (2012) não observaram alteração na quantidade de cinzas corporal dos juvenis do peixe chato de dieta tratamento com 64% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa desengorduradas utilizando pressão (que representou 64% do total da formulação), quando comparados com os peixes da dieta controle (Tabela 10).

O conteúdo de cinzas muscular ou corporal dos peixes é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, tipo de processamento, fase de desenvolvimento ou substrato de alimentação do inseto.

#### **5.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra**

Juvenis de tilápias-do-nilo não demonstram alterações no conteúdo de proteína corporal quando alimentados com dieta contendo 70% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra criadas em resíduo de cervejaria e farelo de trigo (que representou 8,0% do total da formulação) (DEVIC et al. 2017). Dieta com 25% substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 7,5% do total da formulação) proporcionou maior teor de proteína corporal em juvenis de tilápias-do-nilo, quando comparado com os peixes da dieta controle, mas substituições de 100% foram possíveis sem efeitos adversos na proteína corporal (MUIN et al. 2017). Li et al. (2017) não observaram efeitos adversos no teor de proteína muscular ou corporal dos juvenis de jian carpa de dieta tratamento contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca-soldado negra desengordurada (que representou 10,6% do total da formulação) (Tabela 10).

Adultos do salmão do atlântico podem ser alimentados com dietas contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva criada em restos de alimentos (que representou 25% do total da formulação) sem efeitos adversos na proteína corporal (LOCK et al. 2016). Dietas tratamento contendo substituições até 76% da farinha de peixe pela farinha de pré-pupa desengordurada (que representou 75,5% do total da formulação) para juvenis do peixe chato não influenciaram no teor de proteína corporal (KROECKEL et al. 2012). Em juvenis de truta arco-íris substituições da farinha de peixe até 50% pela farinha de pré-pupa criadas em esterco de suíno (ST-HILLAIRE et al. 2007a) ou farinha de larva desengordurada criada em resíduos vegetais (RENNA et al. 2017) não prejudicaram a proteína corporal ou muscular.

Dietas contendo até 100% de substituição da farinha de peixe podem ser usadas sem efeitos adversos no teor de proteína corporal ou muscular. No entanto, a composição de proteína será influenciada pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, tipo de processamento, fase de desenvolvimento ou substrato de criação do inseto.

**Tabela 10:** Composição de cinzas corporal e muscular de peixes alimentados em dietas contendo larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.

Espécie (Fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Fase de desenvolvimento	Proteína bruta (%)		Cinza (%)	
			Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	<sup>1</sup> 0, 25 e 50	Pré-pupa	15,40 <sup>A</sup> (50%); 15,70 (0%)	n.i.	2,10 <sup>A</sup> (25%); 2,20 (0%)	n.i.
	<sup>2</sup> 0, 25 e 50	Pré-pupa	n.i.	21,70 <sup>A</sup> (0%); 23,30 (50%)	n.i.	1,6 <sup>A</sup> (0%); 1,6 (50%)
	<sup>3</sup> 0, 25 e 50	Larva	n.i.	19,37 <sup>A</sup> (25%); 19,58 (0%)	n.i.	1,0 <sup>B</sup> (25%); 1,2 (0%)
<i>Psetta maxima</i> Peixe chato (juvenil)	<sup>4</sup> 0, 17, 33, 49, 64 e 76	Pré-pupa	14,90 <sup>A</sup> (49%); 15,20 (0%)	n.i.	3,4 <sup>A</sup> (0%); 3,5 (64%)	n.i.
<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (adulto)	<sup>5</sup> 0, 25, 50 e 100	Larva	17,20 <sup>A</sup> (50%); 17,80 (0%)	n.i.	n.i.	n.i.
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	<sup>6</sup> 0, 20, 50 e 70	Larva	15,27 <sup>A</sup> (20%); 15,43 (70%)	n.i.	33,1 <sup>A</sup> (0%); 35,7 (70%)	n.i.
	<sup>7</sup> 0, 25, 50, 75 e 100	Larva	58,16 <sup>A</sup> (0%); 60,88 (25%)	n.i.	14,80 <sup>B</sup> (75%); 16,51 (25%)	n.i.
<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	<sup>8</sup> 0, 25, 50, 75 e 100	Larva	7,95 <sup>A</sup> (100%); 8,32 (75%)	10,05 (75%); 10,20 (0%)	2,33 <sup>A</sup> (50%); 2,45 (0%)	1,28 <sup>A</sup> (75%); 1,55 (50%)
	<sup>9</sup> 0, 25, 50, 75 e 100	Larva	19,06 <sup>A</sup> (100%); 20,09 (75%)	22,99 <sup>A</sup> (0%); 23,51 (100%)	3,88 <sup>A</sup> (50%); 3,99 (100%)	1,27 <sup>A</sup> (50%); 1,37 (75%)

<sup>1</sup>St-Hillaire et al. (2007a), <sup>2</sup>Sealey et al. (2011), <sup>3</sup>Renna et al. (2017), <sup>4</sup>Kroeckel et al. (2012), <sup>5</sup>Lock et al. (2016), <sup>6</sup>Devic et al. 2017, <sup>7</sup>Muin et al. (2017), <sup>8</sup>Zhou et al. (2017), <sup>9</sup>Li et al. (2017). Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **5.3.5. Composição de ácidos graxos corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra**

Dietas para juvenis do salmão do atlântico com substituições da farinha de peixe até 100% pela farinha de larvas de mosca-soldado negra criadas em restos de alimentos (que representou 25% do total da formulação) podem ser utilizadas sem efeitos adversos no teor de ácido graxos corporal (LOCK et al. 2016). Dieta com 100% de farinha de larvas parcialmente desengorduradas de mosca-soldado negra (que representou 14,75% do total da formulação) e criadas em substrato com alga marinha e resíduo orgânico de vegetais pode ser utilizada para adultos de salmão do atlântico, mas deve ser adicionado 14,86% de óleo de peixe na formulação (Belghit et al. 2019b). Sealey et al. (2011) testaram cinco dietas para juvenis de truta arco-íris com substituições da farinha de peixe em 0%, 25% e 50% pela farinha de pré-pupa de mosca-soldado negra criadas em esterco suíno ou 25% e 50% com pré-pupas enriquecidas (vísceras e gordura de peixe). Peixes da dieta 25% e 50% de farinha de pré-pupas enriquecidas (que representaram 18,12% e 36,24% do total das formulações) demonstraram aumento na quantidade de EPA (eicosapentaenóico, 20:5-n3) e ácido láurico muscular.

Dietas para juvenis de truta arco-íris contendo 50% substituição da farinha de peixe pela farinha de larva desengordurada de mosca-soldado negra (que representou 40% do total da formulação) e criadas em resíduos vegetais (RENNA et al. 2017) aumentaram o conteúdo de ácido láurico, reduziram o conteúdo de EPA e DHA muscular (Tabela 11). Larvas de mosca-soldado negra são ricas em ácido láurico (BARROSO et al. 2014) e quando adicionado nas dietas para Jian carpa melhora a disponibilidade da energia, promovendo melhor crescimento (LI et al. 2016). Além disso, a inclusão de 6,25 a 25,00 g.kg<sup>-1</sup> do óleo de larvas substituindo o óleo de soja em dieta para Jian carpa aumentou significativamente o conteúdo de DHA muscular (LI et al. 2016).

Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe podem ser utilizadas. Mas, a composição de ácidos graxos será influenciada pelos seguintes fatores: nível de substituição, composição de ácidos graxos da farinha de inseto, substrato de criação, fase de crescimento ou espécie de peixe.

**Tabela 11:** Composição (%) de ácidos graxos corporal e muscular dos peixes alimentados com larva e pré-pupa de mosca-soldado negra.

Espécie (fase de crescimento)	Fase	Corporal			Muscular			
		EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	12:0 (%) (min. e max.)	EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	12:0 (%) (min. e max.)	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	<sup>1</sup> Pré-pupa	n.i.	n.i.	n.i.	1,22 <sup>B</sup> (50%); 3,85 (0%)	4,39 <sup>B</sup> (50%); 7,88 (0%)	0,89 <sup>B</sup> (0%); 14,2 (50%)	
	<sup>2</sup> Pré-pupa	n.i.	n.i.	n.i.	2,64 <sup>B</sup> (0%); 3,95 (50%)	8,29 <sup>A</sup> (0%); 11,52 (50%)	0,06 <sup>B</sup> (0%); 4,01 (50%)	
	<sup>3</sup> Larva	n.i.	n.i.	na	1,07 <sup>B</sup> (50%); 2,33 (0%)	1,50 <sup>B</sup> (50%); 3,39 (0%)	0,29 <sup>B</sup> (0%); 14,66 (50%)	
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	<sup>4</sup> Larva	0,08 <sup>B</sup> (50%); 0,13 (0%)	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	
<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	<sup>5</sup> Larva	0,29 <sup>A</sup> (100%); 0,38 (25%)	0,84 <sup>B</sup> (100%); 2,34 (0%)	0,0 <sup>B</sup> (0%); 10,26 (75%)	0,89 <sup>B</sup> (100%); 2,07 (0%)	2,74 <sup>B</sup> (100%); 9,51 (0%)	0,0 <sup>B</sup> (0%); 5,68 (100%)	
<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico	juvenil	<sup>6</sup> Larva	1,5 <sup>B</sup> (85%); 2,0 (0%)	6,6 <sup>B</sup> (85%); 8,3 (0%)	0,0 (0%); 8,0 (85%)	n.i.	n.i.	n.i.
	Adulto	<sup>7</sup> Larva	2,2 <sup>B</sup> (0%); 2,6 (100%)	4,2 <sup>B</sup> (0%); 5,2 (100%)	0,0 (0%); 1,6 (100%)	n.i.	n.i.	n.i.
	Adulto	<sup>8</sup> Larva	1,39 <sup>A</sup> (100%); 1,56 (0%)	2,43 <sup>A</sup> (100%); 2,65 (0%)	0,006 <sup>A</sup> (0%); 0,006 (100%)	n.i.	n.i.	n.i.

<sup>1</sup>St-Hillaire et al. (2007a), <sup>2</sup>Sealey et al. (2011), <sup>3</sup>Renna et al. (2017), <sup>4</sup>Devic et al. (2017), <sup>5</sup>Zhou et al. (2017), <sup>6</sup>Belghit et al. (2018), <sup>7</sup>Belghit et al. (2019b), <sup>8</sup>Lock et al. (2016). EPA: Ácido eicosapentaenóico (20:5-n3). DHA: Ácido docosahexaenóico (22:6-n3). 12:0: Ácido láurico. \*Utilizou pré-pupas de larvas que foram criadas em substrato com resíduo de truta arco-íris. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup> não diferiram (p > 0,05) e <sup>B</sup> diferiram (p ≤ 0,05) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **5.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso de larvas e pré-pupa de mosca-soldado negra**

Dietas para juvenis de truta arco-íris contendo 15% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva, larva desengorduradas ou pré-pupa de mosca-soldado negra criadas em restos de alimentos (que representaram 30% do total das formulações) proporcionou microbiota intestinal mais saudável com significativamente maior diversidade de bactérias, quando comparadas com peixes da dieta controle (HUYBEN et al. 2019). Nesse estudo, dietas com 15% de substituições da farinha de peixe pela farinha de larvas e especialmente as farinhas de larva desengordurada aumentaram fortemente a quantidade de bactérias Bacillaceae (incluindo família Bacillus). Provavelmente esses resultados decorrem do conteúdo de quitina das larvas de mosca-soldado negra, que podem ter atuado como um novo substrato de colonização de bactérias quitinolíticas. Juvenis de truta arco-íris de dietas com farinha de larvas ou pré-pupas demonstraram maior quantidade de espécies *Corynebacterium variabile*, que pode produzir altos níveis de lipase (HUYBEN et al. 2019).

Bruni et al. (2018) estudaram níveis de 0%, 25% e 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas parcialmente desengordurada da mosca-soldado negra em dietas para juvenis truta arco-íris. A biodiversidade da comunidade de bactérias na mucosa intestinal de juvenis da dieta com 25% foi significativamente maior em relação aos peixes da dieta controle. Bactérias ácido-lático (bacilos) *Carnobacterium divergens* foram encontradas somente na digesta de peixes das dietas 25% e 50%, mas *Staphylococcus pasteurii* unicamente na dieta 25%. Os autores hipotetizaram *Carnobacterium* podem aumentar a resposta imunológica não específica e junto com espécies de *Staphylococcus* podem melhorar a digestibilidade de proteínas e carboidratos. Nesse mesmo estudo, a mucosa intestinal de truta arco-íris das dietas com farinha de larvas foi abundante em *Pseudomonas stutzeri*, que podem ter efeitos probiótico e antiviral. Bactérias *Acinetobacter* spp. foram encontradas somente na mucosa de peixes das dietas 25% e 50%, que são consideradas importantes na digestão de nutrientes com provável atividade de quitinase, celulase e fitase (BRUNI et al. 2018).

Dietas para juvenis de Jian carpa com substituições de 75% e 100% da farinha de peixe pela farinha de larvas desengorduradas de mosca-soldado negra (que representaram 7,9% e 10,6% do total das formulações) causaram danos histológicos (fígado e intestino) e estresse oxidativo (maior atividade da catalase). As características dos hepatócitos e vilosidades intestinais podem ter sido alteradas pela qualidade da dieta e/ou quantidade de carboidratos digestíveis (LI et al. 2017).

Elia et al. (2018) evidenciaram alterações na homeostase oxidativa (redução da glutadiona peroxidase) no fígado e rim de juvenis de truta arco-íris de dietas com 25% e 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva parcialmente desengordurada da mosca-soldado negra (que representaram 20% e 40% do total das formulações). Esse achado foi contrabalanceado pelo aumento nos níveis de etoxiresofurosin deetilase, glutadiona s-transferase no fígado e glutadiona total no rim, indicando um provável efeito protetor gerado pela farinha de larvas de mosca-soldado negra. No entanto, alterações histológicas no fígado, baço e intestino não foram significativas. Mas, para evitar maiores alterações na resposta antioxidante inclusões menores que 20% da farinha de larvas são recomendados (ELIA et al. 2018). No estudo de Li et al. (2019) dieta para juvenis do salmão do atlântico com 29% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca-soldado negra (que representou 60% do total da formulação) promoveu aumento da expressão de genes relacionados a enzimas de biotransformação. Sugerindo um elevado efeito detoxificante, relacionado parcialmente a exposição de metais pesados dessa dieta. Segundo os autores, essa exposição não foi suficiente para causar anormalidades histológicas.

Dietas com substituições da farinha de peixe até 50% podem ser utilizadas sem efeitos adversos nas características histológicas, estresse oxidativo e comunidade das bactérias intestinais dos peixes. No entanto, os parâmetros imunológicos e fisiológicos são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, tipo de processamento, fase de desenvolvimento ou substrato de criação do inseto.

#### **5.4. Descrição dos principais resultados da literatura utilizando a larva e pré-pupa de mosca-soldado negra em peixes.**

Juvenis de salmão do atlântico podem ser alimentados com dietas contendo 85% (BELGHIT et al. 2018) e 100% (BELGHIT et al. 2019b) de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representaram 60% e 14,75% do total das formulações) sem alterar os parâmetros de crescimento e eficiência alimentar. No estudo de Devic et al. (2017) níveis até 70% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 8% do total da formulação) foram possíveis sem efeitos adversos no crescimento, eficiência alimentar e proteíca de juvenis de tilápia-do-nilo.

Zhou et al. (2017) não observaram diferenças significantes no desempenho de crescimento e utilização alimentar de juvenis de Jian carpa de dieta tratamento com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca-soldado negra (que representou 14% do total da formulação). Bagre do canal e tilápia azul podem ser alimentados com 100% de larvas picadas sem efeitos adversos no peso corporal, quando comparados com peixes das dietas controle com duas dietas comerciais contendo 30 e 45% de proteína bruta (BONDARI e SHEPPARD, 1981).

De maneira geral, apesar de ser possível a substituição total da farinha de peixe para diferentes espécies tais como, tilápia azul e bagre de canal (BONDARI e SHEPPARD, 1981) e salmão do atlântico (BELGHIT et al. 2019b), dietas com substituição total do concentrado proteíco de soja pela farinha da mosca-soldado negra (que representou 37% do total da formulação) produziu alguns efeitos negativos. A taxa de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica podem ter sido prejudicadas pelo conteúdo de quitina (3,9% da matéria seca) da dieta contendo 100% de larvas de mosca-soldado negra para tilápia-do-nilo (DIETZ e LIEBERT, 2018) (Tabela 12).

Em relação às características do filé, dieta com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas (que representou 20% do total da formulação) podem ser utilizada para juvenis de truta arco-íris sem afeitos significantes no pH, cor, tensão de cisalhamento e perda de água no filé (SECCI et al. 2019). Dietas com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas

de mosca-soldado negra em dieta para tilápia-do-nilo aumentou o conteúdo de proteína corporal, a deposição, retenção de proteína e nitrogênio (MUIN et al. 2017; DIETZ e LIEBERT, 2018).

O filé de juvenis de truta arco-íris de dieta tratamento com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas foi mais saboroso (BORGOGNO et al. 2017). Por outro lado, juvenis de trutas arco-íris de dietas com 25% de substituição pela farinha de larvas (BORGOGNO et al. 2017) ou pré-pupa (ST-HILLAIRE et al. 2007a) de mosca-soldado negra demonstraram redução do teor de EPA e DHA muscular e aumento do conteúdo de ácido láurico no filé.

Na composição de ácidos graxos, a larva de mosca-soldado negra apresenta elevado teor de ácidos graxos saturados (12:0) e baixos (SEALEY et al. 2011) ou ausentes (BARROSO et al. 2014) níveis de EPA e DHA. No entanto, o uso de resíduo de peixe como substrato alimentar para as larvas de mosca-soldado negra melhora os níveis desses ácidos graxos (ST-HILLAIRE et al 2007b).

Dietas com farinha de larva parcialmente desengordurada aumentaram a biodiversidade de bactérias probióticas associadas a mucosa intestinal de juvenis de truta arco-íris (BRUNI et al. 2018). Somado a esses benefícios, dieta com 30% de pré-pupas ou 30% de larvas de mosca-soldado negra aumentaram a quantidade de bactérias intestinais que podem produzir quitinase e lipase em truta arco-íris (HUYBEN et al. 2019). Dietas com 75% a 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca-soldado negra desengordurada (que representaram 7,9% e 10,6% das formulações) causaram danos histológicos no fígado, intestino e estresse oxidativo em Jian carpa (LI et al. 2017).

Estudos evidenciaram piora na taxa de conversão alimentar em peixes alimentados com farinha de pré-pupa (NEWTON et al. 2005; ST-HILLAIRE et al 2007a). Esses resultados podem ser atribuídos ao teor de quitina do exoesqueleto de mosca-soldado negra que pode prejudicar a digestibilidade de nutrientes. Entre eles, lipídeos (BELGHIT et al. 2018), proteína e matéria seca (RENNA et al. 2017). Além disso, o método de processamento pode influenciar na característica da farinha de inseto (LOCK et al. 2016).

**Tabela 12:** Desempenho produtivo de peixes alimentados com larvas e pré-pupa de mosca-soldado negra.

País	Tipo de Substrato	Processamento / utilização	Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Resultado	Referência
Estados Unidos	Esterco frango	Larvas inteiras e picadas	<i>Oreochromis aureus</i> Tilápia azul (Juvenil)	0; 50; 75 e 100	Peso corporal e comprimento total de tilápias alimentadas com 100% larvas picadas não diferiram dos peixes das dietas controle com 35% ou 45% de proteína bruta. Peixes com maior peso corporal foram dos tratamentos com 25% da dieta controle (35%PB) + 75% de larvas picadas	Bondari e Sheppard (1981)
Estados Unidos	Esterco frango	Larvas inteiras e picadas	<i>Ictalurus punctatus</i> Bagre de canal (Juvenil)	0; 50; 75 e 100	Bagre de canal alimentados com 100% larvas picadas não diferiram no peso corporal e comprimento total de peixes da dieta referência com 35% ou 45% de proteína bruta.	Bondari e Sheppard (1981)
Estados Unidos	Esterco suíno	Pré-pupas secas 70° C	<i>Ictalurus punctatus</i> Bagre de canal (Juvenil)	7,5; 15; 22,5 e 30	Bagre de canal alimentados com dieta contendo 7,5% de inclusão de farinha de pré-pupa para apresentou maior ganho de peso. Maiores inclusões prejudicam a conversão alimentar e eficiência proteica.	Newton et al. (2005)
Estados Unidos	Esterco suíno	Pré-pupas secas 80°C	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0; 25 e 50	Pode substituir em 25% da farinha de peixe sem afetar o ganho de peso, ingestão e conversão alimentar, composição corporal de proteína e cinza. Dieta com 25% e 50% aumentaram o conteúdo de ácido láurico e reduziram EPA (C20:5n-3) e DHA (C22:6n3) corporal.	St-Hilaire et al. (2007a)
Estados Unidos	Esterco bovino e resíduo de peixe	Pré-pupas, secas a 40° C por 36h	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0; 25 e 50	Peixes da dieta com 50% de substituição, com farinha de larvas enriquecidas não diferiram dos peixes da dieta controle para o ganho de peso, conversão alimentar, composição corpora de proteína e cinzas. Dieta com 50% de larvas enriquecidas aumentou EPA, DHA e C12:0 (ácido láurico) muscular de trutas arco-íris.	Sealey et al. (2011)
Alemanha	n.i.	Pré-pupas desengorduradas (pressão), secas a 60 ° C por 20h	<i>Psetta máxima</i> Peixe chato (Juvenil)	0; 17; 33; 49; 64 e 76	Pode substituir a farinha de peixe em 33% sem afetar ingestão e conversão alimentar. Taxas de crescimento específico e peso final foram menores em qualquer nível de inclusão. Dieta teste com 30% de pré-pupas reduziu a digestibilidade da proteína, lipídeo e energia.	Kroeckel et al. (2012)
Noruega	Restos de alimento humano	Farinha de larvas	<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (adulto)	0; 25; 50 e 100 25 e 100	Foi possível substituir 50% sem afetar o peso final, conversão alimentar e valor presente da proteína. Ao nível de 100% aumentou o índice hepático e visceral. Testes sensoriais não revelaram diferenças de sabor e textura nos filés. Os níveis de substituição não modificaram a composição de ácidos graxos corporal.	Lock et al. (2016)
Reino Unido	Resíduo cervejaria e farelo de trigo	Larvas secas a 60°- 80° C 2h	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nylo (juvenil)	0; 20; 50 e 70	Substituições até 70% foram possíveis, sem afetar significativamente o ganho de peso, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica. Houve aumento do conteúdo de ácido graxos saturados e redução de EPA.	Devic et al. (2017)
Malásia	n.i..	Larvas, secas a 50° C 24h	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nylo (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	100% de substituição afetou o ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar. Melhores resultados para esses parâmetros foi ao nível de 50%. Proteína e energia corporal não diferiram, mas foi maior e 25 e 50%, respectivamente.	Muin et al. (2017)
China	n.i.	Farinha de larvas	<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	Dieta com 100% de substituição não prejudicou o ganho de peso, taxa de crescimento e conversão alimentar. Melhores resultados foram com dieta contendo 75%. Qualquer nível de substituição reduziu o conteúdo de DHA e aumentou C12:0 corporal.	Zhou et al. (2017)

China	n.i.	Larvas desengordurada pelo método de Soxhlet	<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Foram possíveis substituições até 50% sem efeitos adversos no desempenho, índices somáticos, composição corporal, atividade de enzimas digestivas e antioxidantes. Peixes da dieta com 75% e 100% mostraram leve necrose e atrofia dos hepatócitos, danos nas microvilosidades intestinais, bem como estresse alimentar.	Li et al. (2017)
Portugal	n.i.	Farinha de pré-pupa desengordurada	<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (juvenil)	0; 15; 30; 45	Dieta com 45% de substituição da farinha de peixe não afetou o desempenho do crescimento e eficiência alimentar, exceto a taxa de eficiência proteica. Coeficiente de digestibilidade aparente não foram afetadas pelos tratamentos experimentais. Mesmo padrão para atividade da protease e amilase. A lipase aumentou no intestino posterior de peixes da dieta 30% e 45%.	Magalhães et al. (2017)
Alemanha	Centeio e farelo de trigo	Farinha de larvas, parcialmente desengorduradas (pressão)	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50 e 100	O desempenho do crescimento, eficiência alimentar e proteica de peixes da dieta com 50% de substituição foram similares a dieta controle (37% de concentrado proteico de soja). A deposição, retenção de nitrogênio e proteína foram maiores em 25 e 50% de substituição. 100% de substituição prejudicou a taxa de eficiência proteica e conversão alimentar.	Dietz e Liebert (2018)
Noruega	Resíduo orgânico (RO) e alga marinha+RO	Farinha de larvas (fornecedor comercial)	<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (juvenil)	0; 85* e 85**	Pode substituir em 85% a farinha de peixe e concentrado proteico de soja com farinha de larvas + óleo de larvas (***) sem prejudicar o desempenho do crescimento e eficiência alimentar. A composição corporal não foi alterada pelo nível de substituição. Os coeficientes de digestibilidade aparentes da proteína e lipídeo permaneceram altos com 85% de substituição.	Belghit et al. (2018)
Itália	n.i.	Farinha de pré-pupa (fornecedor comercial)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 25 e 50	O filé de truta arco-íris de dieta com 25% de substituição apresentou maior intensidade para o aroma de peixe fresco, quando comparado com os peixes da dieta controle e 50%. Filé de peixes de dieta 50% foram mais saborosos e macios. No entanto, 25% e 50% apresentaram moderado paladar metálico. Dietas com 25% e 50% reduziram EPA/DHA e aumentaram 12:0 no filé.	Borgogno et al. (2017)
Itália	Resíduos de vegetais	Larvas parcialmente desengorduradas (processo mecânico: alta pressão)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	25 e 50	Dieta com 50% de substituição não afetou significativamente os parâmetros de desempenho, índices somáticos e a qualidade do filé (pH, brilho e aspecto amarelo). Dieta com 50% aumentou o conteúdo de C12:0 e reduziu EPA/DHA, bem como a digestibilidade da proteína e matéria seca comparado a dieta com 25%.	Renna et al. (2017)
Canadá	n.i.	Farinha de larvas, parcialmente desengorduradas (pressão)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	FL: 0; 25; 50 e 100 e OL: 0; 25; 50 e 100	Truta arco-íris de dieta com 50% de substituição não diferiu de peixes da dieta controle nos parâmetros de crescimento, ingestão alimentar, índice hepático, bem como o conteúdo de proteína, lipídeo e cinza corporal. Ao nível de 100% prejudicou esses parâmetros. A digestibilidade do lipídeo em dieta com 20% de farinha de larvas foi menor que a dieta controle, 83% e 73%, respectivamente. Dieta com 100% de substituição do óleo de arenque pelo OL não prejudicou os parâmetros citados acima.	Dumas et al. (2018)

Itália	n.i.	Farinha de larvas, parcialmente desengorduradas	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 25 e 50	A redução da atividade da glutadiona peroxidase refletiu um leve efeito adverso das dietas 25 e 50%. O aumento nos níveis de etoxiresofurosina deetilase, glutadiona s-transferase e glutadiona total, pode indicar um efeito protetor gerado pela farinha de larva. Devido a mudanças nos biomarcadores do estresse oxidativos, níveis de inclusão abaixo de 20% são recomendados.	Elia et al. (2018)
Itália	n.i.	Farinha de larvas desengorduradas (fornecedor comercial)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 25 e 50	Dietas 25% e 50% não prejudicaram a composição aproximada do filé, mas reduziram os valores de EPA, DHA e aumentou C12:0. As concentrações de adenosina monofosfato, heptanal e octanal de peixes das dietas 25% e 50% foram menores. No entanto, não houve a presença de novos compostos que modificassem a avaliação sensorial. Proteínas miofibrilares foram significativamente menores em 50% que 0% e 25%, provavelmente devido a menor quantidade de proteína digestível.	Mancini et al. (2018)
Itália	n.i.	Farinha de larvas desengorduradas	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 25 e 50	Peixes da dieta com 25% de substituição da farinha apresentaram maior biodiversidade de bactérias associadas a mucosa e digesta intestinal, principalmente <i>Pseudomonas stutzeri</i> e <i>Carnobacterium divergens</i> que podem melhorar a resposta imune não específica, resistência a patógenos e a digestão.	Bruni et al. (2018)
Noruega	Alga marinha e resíduo vegetal	Farinha de larvas, desengorduradas	<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (adulto)	0; 33; 66 e 100	Peixes da dieta com 25% de substituição da farinha apresentaram maior biodiversidade de bactérias associadas a mucosa e digesta intestinal, principalmente <i>Pseudomonas stutzeri</i> e <i>Carnobacterium divergens</i> que podem melhorar a resposta imune não específica, resistência a patógenos e a digestão.	Belghit et al. (2019b)
Suécia	Resto de alimento (L /P) e trigo processado (LD)	Larvas, pré-pupa e larvas desengorduradas	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	30 larvas (30L); 30 pré-pupa (30P) e 30 larvas desengordurada (30LD)	Peixes da dieta com 30% pré-pupa mostraram maior diversidade de bactérias e microbiota intestinal mais saudável. Houve um aumento de bactérias Bacillaceae que podem produzir quitinase no intestino de peixes da dieta 30% larva e 30% LD. Dietas com pupa e larva proporcionaram maior abundância de <i>Corynebacterium</i> que podem produzir altos níveis de lipase.	Huyben et al. (2019)
Itália	n.i.	Farinha de larvas (fornecedor comercial)	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (ND)	0; 25 e 50	Ácido láurico foram maiores e EPA/DHA menores em dieta 25% e 50% no filé cru e cozido. Níveis de 25% são recomendados, pois não afetou significativamente o pH, cor, tensão de cisalhamento e perda de água nos filés.	Secci et al. (2019)
Noruega	n.i.	Farinha de larvas	<i>Salmo salar</i> Salmão do atlântico (juvenil)	0 e 60	Dieta com 60% de farinha de inseto não causou efeito negativo na saúde intestinal de salmão do atlântico, mas reduziu o excesso de deposição de lipídeo no enterócito do seco pilórico. 60% de inclusão estimularam o aumento da expressão de genes indicativos de resposta ao estresse, tolerância imune e atividade de detoxificação.	Li et al. (2019)

n.i.: dado não informado. \*óleo de larvas alimentadas com resíduo orgânico, \*\* óleo de larvas alimentadas com 50% de resíduo orgânico e 50% de algas marinha, FL: farinha de larva, OL: óleo de larva, L: larva, P: pré-pupa, LD: larva desengordurada, PB: proteína bruta, EPA: eicosapentaenoico, DHA: docosaenoico, C12:0: ácido láurico.

## **6.Tenébrio (*Tenebrio molitor*).**

O tenébrio (*Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758) é um besouro da ordem Coleoptera e família Tenebrionidae (GALLO et al. 2002). É nativo da Europa, mas distribuído mundialmente (RAMOS-ELORDUY et al. 2002). O ciclo de vida completo pode ocorrer entre 6 a 12 meses, sendo influenciado pela temperatura, umidade, alimentação e iluminação (RAMOS-ELORDUY et al. 2002). O tenébrio passa por uma metamorfose completa com quatro estágios que são ovo, larva, pupa e adulto ou besouro. Os adultos do tenébrio possuem coloração negra com aspecto uniforme e podendo também apresentar cor marrom-escura. O comprimento dos besouros adultos varia entre 13 a 17 mm (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011) e a reprodução é sexuada com dimorfismo sexual evidente, nos machos a cabeça é arredondada e nas fêmeas tem forma de um quadrado. Além disso, as fêmeas são maiores que os machos (KOCH, 2013).

As fêmeas depositam em média 400 a 500 ovos que possuem a forma de um feijão de cor branca brilhante e medindo cerca de 1,8 mm de comprimento. Ovos incubados em temperatura de 25°C promovem a eclosão das larvas por volta de duas semanas (GHALY e ALKOAİK, 2009). As larvas do tenébrio são conhecidas como larvas da farinha (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011). E no estágio larval, os indivíduos possuem coloração branca, medindo por volta de 2 mm comprimento e após a alimentação tornam-se castanho amarelado-brilhante. Em relação ao formato, as larvas são semelhantes a um cilindro alongado com seis pernas pequenas localizadas atrás da cabeça e afrente dois chifres pequenos. O estágio de larva pode variar de 6 a 8 meses em temperatura de 25 °C (GHALY e ALKOAİK, 2009). O exoesqueleto é quitinoso e não acompanha o desenvolvimento larval, sendo substituído em cada ecdise (KOCH, 2013). Normalmente, antes do 19° ínstar as larvas entram no período de pupação (PARK et al. 2014), nesse período possuem 2,0 a 2,5 cm comprimento, cor branca e buscam um local adequado para seu desenvolvimento (GHALY e ALKOAİK, 2009). Não apresentam comportamento alimentar e o movimento ocorre apenas quando estimuladas. A pupação pode levar em média 15 dias e depois desse período as pupas tornam-se adultos (KOCH, 2013).

A larva do tenébrio é considerado um inseto limpo (COSTA-NETO, 2003) e podem tolerar uma ampla faixa de temperatura 15 a 40°C. Além disso, diversas fontes de alimentação podem ser usadas como arroz, farelo de trigo, soja, amendoim, folhas de legumes e cascas de frutas (LI et al. 2013). As larvas são capazes de transformar resíduos de baixo valor nutricional em biomassa rica em proteínas (RAMOS-ELORDUY et al. 2002). Por isso, as larvas são muito utilizadas como fonte de nutrientes para animais (MARTIN et al. 1976) e humanos (FENG et al. 2018), pois contém aminoácidos essenciais em quantidades superiores aos recomendados pela FAO (LI et al. 2013) e comparáveis ao teor de proteína da carne bovina (YI et al. 2013).

## **6.1. Valor nutricional da larva de tenébrio.**

### **6.1.2. Composição aproximada da larva de tenébrio e de farinha de peixe (arenque).**

As larvas de tenébrio são ricas em gordura (BARROSO et al. 2014; MAKKAR et al. 2014) e demonstraram maior teor de gordura bruta quando comparado com a farinha de peixe (arenque) (25,17% e 8,40%, respectivamente). De acordo com Higuchi et al. (2015), lipídeos fornecem eficientemente energia e ácidos graxos essenciais. A quantidade de proteína bruta da farinha de larvas de tenébrio foi 54,87%, enquanto a farinha de peixe (arenque) apresentou valores de 72,00% (Tabela 13). No entanto, a qualidade da farinha de peixe é variável e depende do tipo de matéria prima utilizada, tipo de processamento, formas de proteção contra oxidação bem como o modo de armazenamento (VIDOTTI e GONÇALVES, 2006). O conteúdo de cinzas da farinha de larvas do tenébrio foi inferior à farinha de peixe (4,08% e 10,40%, respectivamente). Segundo Barroso et al. (2014), a farinha de peixe contém altos níveis de cinzas e são maiores que os valores das farinhas de insetos. Provavelmente, o maior valor de cinzas da farinha de peixe pode ser explicado pelo tipo de matéria prima utilizada para sua fabricação que utiliza resíduos de pescado contendo cabeça, carcaça, vísceras e pele (VIDOTTI e GONÇALVES, 2007).

**Tabela 13:** Composição química da farinha de larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque).

Nutriente	laconisi et al. (2017)	NRC (2011)
	Larvas	Farinha de peixe
Matéria seca (%MS)	94,72	92,00
Proteína bruta (%MS)	54,87	72,00
Gordura bruta (%MS)	25,17	8,40
Cinza (%MS)	4,08	10,40
Fibra bruta (%MS)	6,59	0,60
ENN (%MS)	9,30	9,20
FDN (%MS)	22,20	n.i.
FDA (%MS)	11,40	n.i.
Energia (kcal.kg <sup>-1</sup> )	5827,84	4340,00*

Nota: n.i. indica dado não informado. MS: Matéria seca. ENN: extrativo não nitrogenado. FDN: Fibra em detergente neutro. FDA: Fibra em detergente ácido. Farinha de peixe (% como alimentação básica). \*Energia digestível para truta arco-íris.

### 6.1.3. Composição de aminoácidos da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque).

A farinha de larvas do tenébrio apresentou maiores quantidades de aminoácidos essenciais tais como arginina, histidina, isoleucina, leucina, valina fenilalanina, treonina e triptofano quando comparados com os valores da farinha de peixe (arenque). A deficiência de arginina, histidina, isoleucina, leucina, valina e triptofano pode prejudicar o estímulo da insulina, a atividade da quimiotripsina, deposição de proteína corporal e causar escoliose em peixes (NRC, 2011). A farinha de larva de tenébrio demonstrou bom nível de lisina. Por outro lado, o conteúdo de metionina foi inferior à farinha de peixe com valores de 0,64% e 2,20%, respectivamente (Tabela 14). No entanto, a composição de aminoácidos da farinha de larva de tenébrio é variável e o conteúdo de metionina pode alcançar 1,3 - 2,0 g/16g de nitrogênio (MAKKAR et al. 2014).

**Tabela 14:** Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque).

Aminoácidos (%)	Barroso et al. (2014) Iaconisi et al. (2017) Makkar et al. (2014)	NRC (2011)
	Larvas	Farinha de peixe
<b>Indispensáveis</b>		
Arginina	6,14	3,73
Histidina	3,64	1,53
Isoleucina	5,87	3,64
Leucina	8,65	4,46
Lisina	6,03	7,30
Metionina	0,64	2,20
Fenilalanina	4,29	2,68
Treonina	4,49	2,49
Triptofano	0,90	0,67
Valina	7,61	3,26
<b>Dispensáveis</b>		
Ácido glutâmico	5,91	n.i.
Alanina	3,65	n.i.
Aspargina	4,10	n.i.
Cisteína	1,17	n.i.
Glicina	2,08	n.i.
Prolina	3,22	n.i.
Serina	2,13	n.i.
Tirosina	3,08	2,20
Cistina	0,80	0,74

Nota: n.i. indica dado não informado. Farinha de arenque (como alimentação básica): matéria seca 92,00% e proteína bruta 72,00%.

#### 6.1.4. Composição de ácidos graxos da farinha de larva de tenébrio e óleo de peixe (arenque).

O conteúdo de ácido palmítico (16:0) da farinha de larvas do tenébrio foi maior quando comparado com a farinha de peixe (arenque) que apresentaram valores de 16,69% e 12,70%, respectivamente. Mesmo padrão para os ácidos oleico (18:1n-9), linoléico (18:2n-6) e  $\alpha$ -linolênico (18:3n-3). Os ácidos linoleico e linolênico são importantes para peixes de água doce, pois possuem a capacidade de convertê-los em ácidos graxos altamente insaturados, como EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-3) (SARGENT et al. 1993; SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014). Em relação a esses ácidos graxos, a farinha de larvas do tenébrio apresentaram menores quantidades (Tabela 15). Segundo Barroso et al. (2014), a composição corporal de ácidos graxos dos insetos está relacionada ao tipo de alimentação e quando consomem vegetais tornam-se ricos em ácido alfa-linolênico (18:3n-3), sendo considerado um precursor de ácidos graxos polinsaturados n-3 (EPA/DHA).

**Tabela 15:** Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (% ácidos graxos totais) da larva de tenébrio e óleo de peixe (arenque).

<b>Ácidos graxos</b>	<b>laconisi et al. (2017)</b>	<b>NRC (2011)</b>
	<b>Larva</b>	<b>Farinha de peixe</b>
<b>Saturados (%)</b>		
Mirístico <b>14:0</b>	2,15	6,40
Palmitico <b>16:0</b>	16,69	12,70
Estearico <b>18:0</b>	3,46	0,90
$\Sigma$ Saturados	22,30	20,00
<b>Monoinsaturados (%)</b>		
Palmitoléico <b>16:1</b>	n.i.	8,80
Elaidico <b>18:1</b>	n.i.	12,70
Gadoleico <b>20:1</b>	n.i.	14,10
Erúxico <b>22:1</b>	n.i.	20,80
Palmitoleico <b>16:1n-7</b>	1,56	n.i.
Oleico <b>18:1n-9</b>	31,56	n.i.
Vacênico <b>18:1n-7</b>	0,56	n.i.
Eicosenóico <b>20:1n-9</b>	0,39	n.i.
Cetoléico <b>22:1n-11</b>	0,21	n.i.
$\Sigma$ Monoinsaturados	34,28	56,40
<b>Polinsaturado (%)</b>		
Linoleico <b>18:2n-6</b>	36,42	1,10
Araquidônico <b>20:4n-6</b>	n.i.	0,30
$\alpha$ -Linolênico <b>18:3n-3</b>	2,34	0,60
$\gamma$ -Linolênico <b>18:3n-6</b>	n.i.	0,20
Estearidônico <b>18:4n-3</b>	0,09	1,70
Docosapentaenoico <b>22:5n-3</b>	0,20	n.i.
Eicosapentaenoico <b>20:5n-3</b>	0,84	8,40
Docosaenoico <b>22:6n-3</b>	1,07	4,90
$\Sigma$ Polinsaturado	40,96	17,20

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 6.1.5. Composição de vitaminas da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque).

A farinha de larvas de tenébrio são fontes de vitaminas do complexo B, tais como B1 e B6 com maiores quantidades. Em relação a vitamina B2, a farinha da larva de tenébrio apresentou bom nível dessa vitamina. Além disso, contém 12,00 mg/kg de vitamina C que foi ausente na farinha de peixe (arenque). O ácido fólico e ácido pantotênico também foram superiores na farinha de larvas do tenébrio que também apresentou razoáveis teores de biotina e niacina (Tabela 16).

A suplementação de vitamina C nas rações para peixes é necessária, devido a sua participação em processos fisiológicos do crescimento, resposta imunológica e imunidade (NRC, 2011). Portanto, dieta com farinha de larva de tenébrio pode reduzir o uso de vitamina C e o custo com rações, pois estudos demonstraram melhora no crescimento de bagre africano (NG et al. 2001), melhor resposta imunológica do bagre amarelo (SU et al. 2017) e antioxidante em truta arco-íris (HENRY et al. 2018a). De acordo com NRC, (2011) deficiências de vitaminas C, B1, B6 e ácido fólico podem causar hemorragias, irritabilidade, alterações

hematológicas e letargia em salmonídeos. Deficiências de ácido pantotênico podem causar perda de apetite em jian carpa.

**Tabela 16.** Composição de vitaminas (base na matéria seca) da farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque).

Vitaminas	Finke (2002)	NRC (2011)
	Larvas	Farinha de peixe
A ( $\mu\text{g retinol.kg}^{-1}$ )	< 1,000	n.i.
Tiamina B1 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	2,40	0,40
Riboflavina B2 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	8,10	9,70
Piridoxina B6 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	8,10	4,77
Vitamina B12 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,47	430,00
Niacina B3 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	40,70	85,00
C ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	12,00	n.i.
D3 ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	< 0,0768	n.i.
E ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	< 0,0015	22,10
Biotina ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	0,30	0,49
K ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	n.i.	n.i.
Ácido fólico ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	1,57	0,30
Beta caroteno ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	< 0,20	n.i.
Ácido pantotênico ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	26,20	17,30
Colina ( $\text{mg.kg}^{-1}$ )	1,84	5,26

Nota: n.i. indica dado não informado. Farinha de arenque (como alimentação básica).

### 6.1.5. Composição de minerais da larva de tenébrio e farinha de peixe (arenque).

A farinha de larvas do tenébrio apresentou maior teor de magnésio quando comparado a farinha de peixe (arenque) (0,20% e 0,14%, respectivamente). Mesma tendência para o conteúdo de cobre. Os valores de potássio, sódio e zinco foram razoáveis e próximos aos da farinha de peixe (arenque) (Tabela 17). Segundo NRC, (2011), o magnésio é necessário nas dietas em altas concentrações, sendo importante para manutenção da homeostase celular, metabolismo de nutrientes e a sua deficiência pode ocasionar anorexia, baixo crescimento e anomalias musculares. Além disso, o cobre é um mineral traço necessário nas dietas em menores concentrações, atuando na formação da hemoglobina e atividades de enzimas são dependentes desse mineral (NRC, 2011).

**Tabela 17:** Composição de minerais (base na matéria seca) da farinha de larvas do tenébrio e farinha de peixe (arenque).

Minerais	Ravzanaadii et al. (2012)	NRC (2011)
	Larva	Farinha de peixe
Fósforo (%)	0,70	1,67
Potássio (%)	0,95	1,08
Cálcio (%)	0,04	2,20
Magnésio (%)	0,20	0,14
Enxofre (%)	n.i.	0,46
Cloro (%)	n.i.	0,99
Sódio (%)	0,36	0,59
Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	4,80
Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	66,87	114,00
Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	104,28	125,00
Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	13,27	5,60
Selênio (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	1,95

Nota: n.i. indica dado não informado. Farinha de arenque (como alimentação básica), matéria seca 92,00%.

## 6.2. Uso da larva de tenébrio na alimentação de peixes.

As larvas do tenébrio são consideradas fonte de proteína e criadas em cativeiro devido a fácil alimentação, por essa razão são produzidas para alimentação de diferentes animais como aves, pequenos mamíferos, répteis e peixes (MAKKAR et al. 2014). A farinha de larvas do tenébrio começou a ser utilizada na alimentação de peixes com juvenis de bagre africano em 2001 (NG et al. 2001), mas somente a partir de 2014 que as larvas do tenébrio ganharam destaque e foram utilizadas em testes alimentares com outras espécies de peixes, entre elas, tilápia-do-nilo (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014), truta arco-íris (GASCO et al. 2015; HENRY et al. 2018a; IACONISI et al. 2018) e robalo europeu (GASCO et al. 2016). Nestes estudos, foram avaliados o desempenho de crescimento, eficiência alimentar e composição corporal e muscular. No total foram encontrados 12 artigos que avaliaram as farinhas de larvas do tenébrio na alimentação de peixes.

### 6.2.1. Desempenho em peixes usando a larva de tenébrio.

No estudo de Ng et al. (2001), dieta para juvenis do bagre africano contendo 40% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de tenébrio (que representou 17,35% do total da formulação) pode ser utilizada sem efeitos adversos no crescimento, eficiência alimentar e proteica. Mesma tendência foi demonstrada por Sankian et al. (2018) para o desempenho em crescimento e eficiência alimentar em juvenis de peixe-mandarim de dieta com 14% de substituição da farinha de

peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 20% do total da formulação). Juvenis do tambaqui podem ser alimentados com dietas contendo 30% larvas do tenébrio (que representou 9% do total da formulação) sem alterações significativas no ganho de peso e taxa de crescimento específico (LIRA, 2015).

Farinha de larvas do tenébrio pode substituir em 16,7% a farinha de peixe em dieta para juvenis do “gilthead sea bream” (PICCOLO et al. 2017), 50% para juvenis do “black spot seabream” (IACONISI et al. 2017) e juvenis de truta arco-íris (BELFORTI et al. 2015) (que representaram, respectivamente 25%, 40 e 50% do total das formulações), pois não prejudicaram o peso final, taxa de crescimento específico e taxa de conversão alimentar (Tabela 18).

Por outro lado, Sánchez-Muros et al. (2014) observaram piora no desempenho do crescimento e eficiência alimentar em juvenis de tilápias-do-nilo alimentados com dieta que substituiu em 100% o farelo de soja pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 43% do total da formulação). Provavelmente, o maior conteúdo de quitina da dieta com 100% pode ter influenciado negativamente nesses parâmetros. Gasco et al. (2016) também evidenciaram menor crescimento em juvenis do robalo europeu de dieta experimental com 50% substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 50% do total da formulação). Segundo os autores, a exigência mínima de ácidos graxos polinsaturados n-3 que corresponde a 0,7% para robalo europeu, não foi fornecido pela dieta com 50% de substituição (0,62 % do total de ácidos graxos n-3, incluindo 18:3 n-3) o que em parte explica a menor desempenho em crescimento e eficiência alimentar (GASCO et al. 2016).

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir parcialmente (50%) a farinha de peixe nas dietas experimentais. No entanto, o desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, teor de quitina ou exigência de ácido graxo polinsaturado.

**Tabela 18:** Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de tenébrio.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	*PF (g) ou ‡GP (min. e max.)	TCE (%/dia) (min. e max.)	TCA (g) (min. e max.)	TEP (min. e max.)	Referência
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 20; 40; 60; 80 e 100	*17,90 <sup>B</sup> (100%); 32,40 (20%)	2,60 <sup>B</sup> (100%); 3,80 (20%)	n. d	2,23 <sup>B</sup> (100%); 3,31 (20%)	Ng et al. (2001)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 51,6 (FP) e 100 (FS)	*60,20 <sup>B</sup> (100%); 84,73 (0%)	1,83 <sup>B</sup> (100%); 2,74 (0%)	0,74 <sup>B</sup> (100%); 1,03 (0%)	1,46 <sup>B</sup> (100%); 2,08 (0%)	Sánchez-Muros et al. (2014)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 26 e 50	*308,20 <sup>A</sup> (50%); 313,80 (0%)	1,27 <sup>A</sup> (50%); 1,30 (0%)	1,0 <sup>A</sup> (26%); 1,0 (50%)	2,04 <sup>A</sup> (50%); 2,06 (26%)	Belforti et al. (2015)
<i>Colossoma macropomun</i> Tambaqui (juvenil)	0; 10; 20 e 30	‡23,90 <sup>A</sup> (10%); 32,10 (20%)	4,20 <sup>A</sup> (10%); 4,80 (20%)	1,70 <sup>A</sup> (0%); 2,40 (30%)	3,20 <sup>A</sup> (30%); 4,80 (0%)	Lira (2015)
<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (juvenil)	0; 25 e 50	*17,35 <sup>B</sup> (50%); 22,08 (0%)	1,66 <sup>B</sup> (50%); 1,99 (0%)	0,90 <sup>A</sup> (0%); 0,99 (50%)	2,01 <sup>B</sup> (50%); 2,20 (25%)	Gasco et al. (2016)
<i>Pelteobagrus fulvidraco</i> Bagre amarelo (juvenil)	0; 25; 50 e 75	n. a	1,60 <sup>A</sup> (25%); 1,70 (0%)	59,90 <sup>A</sup> (50%); 60,60 (0%)	n. a	Su et al. (2017)
<i>Sparus aurata</i> “Giltthead sea bream” (juvenil)	0; 16,7 e 37	*239,60 <sup>A</sup> (0%); 294,60 (16,7%)	0,50 <sup>A</sup> (0%); 0,63 (16,7%)	1,02 <sup>A</sup> (16,7%); 1,34 (0%)	1,74 <sup>A</sup> (0%); 2,26 (16,7%)	Piccolo et al. (2017)
<i>Pagellus bogaraveo</i> “Blackspot sea bream” (juvenil)	0; 25 e 50	*218,20 <sup>A</sup> (50%); 223,69 (0%)	0,19 <sup>A</sup> (50%); 0,21 (0%)	5,32 <sup>A</sup> (0%); 5,52 (50%)	n. a	Iaconisi et al. (2017)
<i>Siniperca scherzeri</i> Peixe mandarin (juvenil)	0; 7; 14 e 21	‡172,70 <sup>B</sup> (0%); 211,60 (14%)	1,80 <sup>B</sup> (0%); 2,0 (14%)	1,0 <sup>B</sup> (14%); 1,70 (0%)	1,30 <sup>B</sup> (0%); 2,0 (14%)	Sankian et al. (2018)

FP: Farinha de peixe. FS: Farelo de soja. \*PF: Peso final. ‡GP: Ganho de peso. TCE (%/dia): Taxa de crescimento específico. TCA: Taxa de conversão alimentar. TEP: Taxa de eficiência proteica. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup> não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

## 6.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio.

Gasco et al. (2016) encontraram que o CDA da proteína e matéria seca de dieta com 36% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 25% do total da formulação) para juvenil do robalo europeu foi superior em relação aos valores da dieta controle e não influenciou negativamente o CDA do lipídeo. Resultado similar encontrado para o CDA da proteína, lipídeo, matéria seca e cinzas de dieta com 30% de inclusão da farinha de larvas do tenébrio (que representou 9% do total da formulação) para juvenis do tambaqui (LIRA, 2015). Dieta experimental contendo 37% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de tenébrio (que representou 50% do total da formulação) para juvenis do “gilthead sea bream” reduziu o CDA da proteína e matéria seca (PICCOLO et al. 2017) (Tabela 19). Os autores hipotetizaram que o conteúdo de quitina dessa dieta pode ter influenciado nesses resultados. Mas, não prejudicou o desempenho de crescimento dos peixes, provavelmente em decorrência do aumento do comprimento do intestino como mecanismo compensatório para melhorar a absorção de nutrientes (PICCOLO et al. 2017).

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir a farinha de peixe em até 36% sem prejudicar o CDA de nutrientes. Mas, o coeficiente de digestibilidade é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou conteúdo de quitina.

**Tabela 19:** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio.

Referência	Gasco et al. (2016)	Piccolo et al. (2017)	Lira (2015)
Espécie	<i>Dicentrarchus labrax</i> robalo europeu	<i>Sparus aurata</i> gilthead sea bream	<i>Colossoma macropomun</i> tambaqui
Fase de desenvolvimento	Juvenil	Juvenil	Juvenil
Nível de substituição (%)	0 e 36	0; 16,7 e 37	0 e 30
Proteína bruta (min. e max.)	90,0 <sup>B</sup> (0%); 92,0 (36%)	79,19 <sup>B</sup> (37%); 89,97 (0%)	93,10 <sup>A</sup> (30%); 95,0 (0%)
Lipídeo (min. e max.)	97,0 <sup>A</sup> (36%); 98,0 (0%)	82,39 <sup>B</sup> (37%); 91,12 (0%)	95,70 <sup>A</sup> (0%); 97,50 (30%)
Matéria seca (min. e max.)	73,0 <sup>B</sup> (0%); 80,0 (36%)	78,46 <sup>B</sup> (37%); 87,02 (0%)	84,30 <sup>A</sup> (30%); 85,0 (0%)
Cinzas (min. e max.)	n.i.	n.i.	69,10 <sup>A</sup> (30%); 73,30 (0%)

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup> não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **6.3. Efeito do uso da larva de tenébrio na composição corporal e qualidade dos peixes.**

#### **6.3.1. Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.**

Juvenis de peixe-mandarim podem ser alimentados com dieta contendo 7 e 14% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representaram 10% e 20% do total das formulações) (SANKIAN et al. 2017), pois aumentaram o conteúdo de matéria seca muscular e corporal, quando comparado com peixes da dieta controle (65% de farinha de pompano). Dieta com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio para juvenis do “black spot sea bream” não prejudicou o teor de matéria seca muscular, quando comparados aos peixes da dieta controle (61,00% de inclusão da farinha de arenque) (IACONISI et al. 2017).

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir a farinha de peixe em níveis de 25% para juvenis de truta arco-íris (IACONISI et al. 2018) e 50% nas dietas para robalo europeu (GASCO et al. 2016) sem alterar significativamente a quantidade de matéria seca. Tilápia-do-nilo pode ser alimentada com dietas contendo 51,60% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio criadas em farelo de cereais (que representou 21% do total da formulação) sem maiores efeitos na matéria seca corporal (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014).

Dieta contendo 26% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 25% do total da formulação) reduziu significativamente o conteúdo de matéria seca muscular de juvenis de truta arco-íris (BELFORTI et al. 2015) (Tabela 20). Nesse estudo, os autores demonstraram aumento do ácido palmítico nas dietas 26% e 50%, que pode ter influenciado na redução da taxa de alimentação e consequentemente no teor de matéria seca.

Níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio até 50% podem ser utilizadas. No entanto, as composições de matéria seca corporal ou muscular são influenciadas pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, composição da farinha de larva do tenébrio ou substrato de criação.

### **6.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.**

Juvenis do “black spot sea bream” podem ser alimentados com dieta contendo 25% da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio criadas em farelo de trigo (que representou 21% do total da formulação) sem alterar o conteúdo de extrato etéreo muscular (IACONISI et al. 2017). Dietas para truta arco-íris contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva do tenébrio (que representou 25% do total da formulação) podem ser utilizadas sem prejudicar o teor de extrato etéreo (IACONISI et al. 2018). Juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dieta contendo 100% de substituição do farelo de soja pela farinha de larvas do tenébrio criadas em farelo de cereais (que representou 43% do total da formulação) não apresentaram alteração significativa do extrato etéreo corporal (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014).

Dietas com níveis de substituição da farinha de peixe em até 14% pela farinha de larva do tenébrio (que representa 20% do total das formulações) para juvenis do peixe-mandarim podem ser utilizadas, pois não influenciaram significativamente o teor de extrato etéreo muscular e corporal (SANKIAN et al. 2018). Da mesma forma, para juvenis de truta arco-íris pode ser utilizado o nível de de 25% (IACONISI et al. 2018) e em juvenis do robalo europeu dietas com 50% (GASCO et al. 2016) de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representam 25% e 50% do total das formulações) não influenciaram significativamente o conteúdo de extrato etéreo muscular e corporal.

Belforti et al. (2015) evidenciaram significativamente menor conteúdo de extrato etéreo muscular em juvenis de truta arco-íris de dieta tratamento com 50% (Tabela 20). De acordo com os autores, a quitina pode ter influenciado nesses resultados, mas não observaram alterações na digestibilidade do extrato etéreo, proteína e matéria seca das dietas 0%, 25% e 50%.

Dietas com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio podem ser utilizadas. Mas, as composições corporal ou muscular de extrato etéreo são influenciadas pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, digestibilidade do extrato etéreo ou substrato de criação.

**Tabela 20:** Composição corporal e muscular de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dieta contendo farinha de larva de tenébrio.

Espécie	Nível de substituição (%)	Matéria seca (%)		Extrato etéreo (%)	
		Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	<sup>1</sup> 0; 26, e 50	n.i.	22,40 <sup>B</sup> (26%); 23,90 (0%)	n.i.	9,10 <sup>B</sup> (50%); 13,90 (0%)
	<sup>*2</sup> 0; 25 e 50	n.i.	25,74 <sup>A</sup> (25%); 26,12 (0%)	n.i.	4,27 <sup>A</sup> (25%); 4,52 (0%)
<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (juvenil)	<sup>3</sup> 0; 25, e 50	33,37 <sup>A</sup> (50%); 34,67 (0%)	n.i.	12,18 <sup>A</sup> (50%); 13,24 (0%)	n.i.
<i>Pagellus bogaraveo</i> “Blackspot sea bream” (juvenil)	<sup>4</sup> 0; 25 e 50	n.i.	29,40 <sup>A</sup> (0%); 31,74 (50%)	n.i.	6,75 <sup>A</sup> (0%); 7,31 (25%)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	<sup>5</sup> 0; 51,6 (FP) e 100 (FS)	97,06 <sup>A</sup> (51,6%); 97,77 (0%)	n.i.	4,23 <sup>A</sup> (0%); 5,03 (100%)	n.i.
<i>Siniperca scherzeri</i> Peixe-mandarim (juvenil)	<sup>6</sup> 0; 7; 14 e 21	29,70 <sup>A</sup> (0%); 32,00 (14%)	22,90 <sup>A</sup> (0%); 25,30 (7%)	6,00 <sup>A</sup> (21%); 6,70 (7%)	1,90 <sup>A</sup> (0%); 1,90 (14%)

FP: Farinha de peixe. FS: Farelo de soja. <sup>1</sup>Belforti et al. (2015); <sup>2</sup>Iaconisi et al. (2018); <sup>3</sup>Gasco et al. (2016); <sup>4</sup>Iaconisi et al. (2017); <sup>5</sup>Sánchez-Muros et al. (2014); <sup>6</sup>Sankian et al. (2018); \*Filé cozido. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **6.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.**

Sankian et al. (2018) demonstraram que dieta com substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio em até 14% (que representou 20% do total da formulação) pode ser utilizada para juvenis do peixe-mandarim, pois não influenciou significativamente no teor de cinzas muscular quando comparado com os peixes da dieta controle (65% de farinha de peixe). Dieta com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 50% do total da formulação) aumentou significativamente o conteúdo de cinzas corporal de juvenis do robalo europeu, quando comparados com os peixes da dieta controle (70% de farinha de peixe super prime Chile) (GASCO et al. 2016)

Dietas com substituições de 20% da farinha de peixe pela farinha de larva do tenébrio para o bagre africano não provocaram alterações significativas no conteúdo de cinzas corporal (NG et al. 2001). Juvenis de tilápia-do-nilo podem ser alimentados com dieta contendo 51,6% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 43% do total da formulação) e criadas em farelo de cereais sem alterações no teor de cinzas (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014).

Juvenis de “blackspot sea bream” (IACONISI et al. 2017) e truta arco-íris (IACONISI et al. 2018) podem ser alimentados com dietas contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representaram 40% e 50% do total das formulações), pois não causaram alterações significativas no teor de matéria seca muscular (Tabela 21).

Dietas contendo substituições da farinha de peixe em até 50% podem ser utilizadas. No entanto, as composições de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com dietas contendo farinha de larvas do tenébrio são influenciadas pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou substrato de criação.

#### **6.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.**

Dieta contendo 26% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que correspondeu a 25% do total da formulação) para juvenis de truta arco-íris proporcionou comparativamente maior conteúdo de proteína corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (75% de farinha de arenque), cujos valores foram 85,00% e 81,20%, respectivamente (BELFORTI et al. 2015). Dieta para juvenis do peixe-mandarim contendo nível de substituição de 21% da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que correspondeu a 25% do total da formulação) não provocou alteração significativa no teor de proteína muscular e corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (65% de farinha de arenque) (SANKIAN et al. 2018).

Dietas com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio criadas em ferele de trigo (que representou 40% do total da formulação) para juvenis “blackspot sea bream” foram possíveis sem efeitos adversos na proteína muscular (IACONISI et al. 2017). Para truta arco-íris (IACONISI et al. 2018) e robalo europeu (GASCO et al. 2016) dietas com 50% também podem ser utilizadas, pois não prejudicaram o teor de proteína muscular ou corporal (Tabela 21).

Ng et al. (2001) demonstraram redução da proteína corporal de juvenis do bagre africano alimentados com dieta que substituiu em 100% a farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que correspondeu a 34,7% do total da formulação). Provavelmente o conteúdo de quitina dessa dieta pode ter prejudicado a disponibilidade de nutrientes.

A farinha de larvas pode substituir a farinha de peixe em até 26%. No entanto, maiores níveis são possíveis sem significativas alterações nas composições de proteína corporal e muscular, que são influenciadas pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, conteúdo de quitina ou substrato de criação.

**Tabela 21:** Composição corporal e muscular de proteína e cinzas de peixes alimentados com dietas contendo farinha de larva de tenébrio.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Proteína bruta (%)		Cinza (%)	
		Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	<sup>1</sup> 0; 20; 40; 60; 80 e 100	13,50 <sup>B</sup> (100%); 14,40 (20%)	n.i.	4,00 <sup>A</sup> (100%); 4,60 (20%)	n.i.
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	<sup>2</sup> 0; 26; e 50	n.i.	81,20 <sup>B</sup> (0%); 85,00 (26%)	n.i.	4,70 <sup>B</sup> (0%); 5,00 (26%)
	<sup>*3</sup> 0; 25 e 50	n.i.	20,17 <sup>A</sup> (50%); 20,57 (25%)	n.i.	1,22 <sup>A</sup> (50%); 1,28 (25%)
<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (juvenil)	<sup>4</sup> 0; 25; e 50	16,57 <sup>A</sup> (0%); 16,93 (50%)	n.i.	3,98 <sup>B</sup> (0%); 4,37 (50%)	n.i.
<i>Pagellus bogaraveo</i> Blackspot sea bream (juvenil)	<sup>5</sup> 0; 25 e 50	n.i.	20,45 <sup>A</sup> (0%); 21,58 (50%)	n.i.	1,51 <sup>A</sup> (0%); 1,55 (50%)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	<sup>6</sup> 0; 51,6 (FP) e 100 (FS)	5,46 <sup>A</sup> (100%); 5,50 (51,6%)	n.i.	6,82 <sup>A</sup> (100%); 7,27 (51,6%)	n.i.
<i>Siniperca scherzeri</i> Peixe-mandarim (juvenil)	<sup>7</sup> 0; 7; 14 e 21	17,90 <sup>A</sup> (21%); 18,60 (7%)	19,90 <sup>A</sup> (21%); 20,10 (0%)	4,70 <sup>A</sup> (7%); 5,30 (21%)	1,30 <sup>A</sup> (0%); 1,30 (14%)

FP: Farinha de peixe. FS: Farelo de soja. <sup>1</sup>Ng et al. (2001), <sup>2</sup>Belforti et al. (2015), <sup>3</sup>Iaconisi et al. (2018), <sup>4</sup>Gasco et al. (2016), <sup>5</sup>Iaconisi et al. (2017), <sup>6</sup>Sánchez-Muros et al. (2014), <sup>7</sup>Sankian et al. (2018), <sup>\*</sup>Filé cozido. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **6.3.5. Composição de ácidos graxos dos peixes alimentados com farinha de larvas do tenébrio.**

Sankian et al. (2018) testaram dietas experimentais para juvenis do peixe-mandarim com níveis de 7%, 14% e 21% de substituição da farinha de peixe (pompano) pela farinha de larvas do tenébrio e verificaram que dieta com 21% (que representou 30% do total da formulação) não influenciou significativamente teor de EPA e DHA muscular.

Juvenis de truta arco-íris alimentados com dieta que substituiu a farinha de peixe em 50% pela farinha de larvas do tenébrio apresentaram redução dos valores de ácidos graxos EPA e DHA muscular (BELFORTI et al. 2015; IACONISI et al. 2018). Mesma tendência para o conteúdo de EPA e DHA corporal dos juvenis do robalo europeu de dieta tratamento com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 50% do total da formulação) (GASCO et al. 2016).

No estudo de Sánchez-Muros et al. (2014), juvenis de tilápia-do-nilo também demonstraram redução significativa de EPA e DHA muscular, quando alimentados com dieta contendo 100% substituição do farelo de soja pela farinha de larvas do tenébrio criadas em farelos de cereais (que representou 43% do total da formulação) (Tabela 22). Segundo Barroso et al. (2014) alguns insetos não possuem EPA e DHA, mas sua composição corporal é influenciada pelo tipo de alimentação e podem ser criados em substrato rico em ácidos graxos polinsaturados melhorando a qualidade das farinhas de insetos.

As farinhas de larvas do tenébrio são ricas em ácido oleico, 18:1n-9 (FINKE, 2002; IACONISI et al. 2018), com altos níveis de ácido linoléico 18:2n-6 (FINKE, 2002; BARROSO et al. 2014; IACONISI et al. 2018) que são maiores em relação aos valores da carne vermelha (VAN HUIS et al. 2013).

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir ingredientes proteicos em até 21% nas dietas para peixes sem efeitos adversos no teor de EPA ou DHA. Por outro lado, as composições desses ácidos graxos nos peixes são influenciadas pelos seguintes fatores: nível de substituição, espécie de peixe, substrato de criação ou composição de ácidos graxos da farinha de larva de tenébrio.

**Tabela 22:** Composição de ácidos graxos corporal e muscular de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de tenébrio.

Espécie	Corporal			Muscular		
	EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	18:2n-6 (%) (min. e max.)	EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	18:2n-6 (%) (min. e max.)
<sup>1</sup> <i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	n.i.	n.i.	n.i.	0,47 <sup>B</sup> (100%FS); 2,83 (0%)	11,70 <sup>B</sup> (100%FS); 22,77 (0%)	6,47 <sup>B</sup> (0%); 19,05 (100%FS)
<sup>2</sup> <i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	n.i.	n.i.	n.i.	1,27 <sup>B</sup> (50%); 4,73 (0%)	8,26 <sup>B</sup> (50%); 16,14 (0%)	8,87 <sup>B</sup> (0%); 22,85 (50%)
<sup>3</sup> <i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	n.i.	n.i.	n.i.	1,56 <sup>B</sup> (50%); 6,43 (0%)	11,91 <sup>B</sup> (50%); 24,70 (0%)	7,26 <sup>B</sup> (0%); 20,90 (50%)
<sup>4</sup> <i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (juvenil)	1,64 <sup>B</sup> (50%); 3,95 (0%)	2,03 <sup>B</sup> (50%); 6,20 (0%)	7,94 <sup>B</sup> (0%); 21,66 (50%)	n.i.	n.i.	n.i.
<sup>5</sup> <i>Pagellus bogaraveo</i> Blackspot sea bream (juvenil)	n.i.	n.i.	n.i.	5,16 <sup>B</sup> (50%); 5,81 (0%)	12,28 <sup>A</sup> (50%); 13,92 (0%)	12,61 <sup>B</sup> (0%); 14,99 (50%)
<sup>6</sup> <i>Siniperca scherzeri</i> Peixe-mandarim (juvenil)	n.i.	n.i.	n.i.	5,00 <sup>A</sup> (21%); 5,10 (0%)	9,60 <sup>A</sup> (21%); 10,02 (0%)	21,00 <sup>B</sup> (0%); 28,20 (21%)

<sup>1</sup>Sánchez-Muros et al. (2016), <sup>2</sup>Belforti et al. (2015), <sup>3</sup>Iaconisi et al. (2018), <sup>4</sup>Gasco et al. (2016), <sup>5</sup>Iaconisi et al. (2017), <sup>6</sup>Sankian et al. (2018). EPA: Ácido eicosapentaeóico (20:5-n3). DHA: Ácido docosahexaenóico (22:6-n3). 12:0: Ácido láurico. FS: Farelo de soja. \*Filé cozido. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **6.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da larva de tenébrio.**

No estudo de Su et al. (2017) testes alimentares foram realizados com juvenis do bagre amarelo e dietas contendo substituições da farinha de peixe em 25%, 50% e 75% pela farinha de larvas do tenébrio (que representaram 9%, 18% e 27% do total das formulações). Dietas com 50% podem ser utilizadas, pois aumentou a lisozima no plasma de peixes das em desafios com bactéria *Edwardsiella ictaluri*, a enzima superóxido dismutase (responsável pela eliminação de radicais livres) e melhorou a taxa de sobrevivência. Henry et al. (2018a) demonstraram tendência de aumento na atividade da lisozima sérica em juvenis de robalo europeu de dieta contendo 36% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 24,75% do total da formulação). Essa tendência junto com o aumento da atividade de inibição da tripsina, representam a capacidade do sistema imunológico dos peixes em contra-atacar o mecanismo de escape (produção de protease) do patógeno (HENRY et al. 2018a). A adição de protease na dieta não são recomendáveis, em decorrência da redução da atividade bacteriolítica (contra *Escherichia coli*) e inibição da tripsina.

Comportamento semelhante foi observado por Henry et al. (2018b), que mostraram atividade de inibição da tripsina em juvenis de truta arco-íris de dieta com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha da larva de tenébrio (que representou 50% do total da formulação), comparado com os peixes da dieta controle (75% de farinha de arenque). Nesse estudo, a atividade de enzimas antioxidantes (SOD, CAT e G6PD) foi significativamente maior no intestino de peixes da dieta de 25% e 50% que também demonstraram menor quantidade de produtos da peroxidação lipídica, quando comparados com peixes da dieta controle. Esses resultados mostram a capacidade de melhora do sistema antioxidante no intestino de truta arco-íris (HENRY et al. 2018b).

Antonopoulou et al. (2019) avaliaram o efeito de dietas contendo substituições da farinha de peixe farinha de larvas do tenébrio em 50% para juvenis do “gilthead sea bream” e robalo europeu, e 60% em dietas para juvenis de truta arco-íris (que representaram respectivamente 47%, 50% e 60% do total das formulações) na comunidade de bactérias intestinais. Houve um aumento de

unidades taxonômicas operacionais (UTOs) no intestino médio de “gilthead sea bream” e robalo europeu com menor abundância e maior aparecimento de novas bactérias que não tinham sido identificadas antes da substituição. No intestino médio de truta arco-íris houve redução do número de UTOs, maior abundância e menor aparecimento de espécies raras. A farinha de larvas do tenébrio pode ter atuado como um novo nicho para novas bactérias em “gilthead sea bream” e robalo europeu, enquanto em truta arco-íris demonstrou maior afinidade das bactérias pela farinha de larvas, provavelmente pela dieta natural dessa espécie que incluiu insetos (ANTONOPOULOU et al. 2019).

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir a farinha de peixe em até 50% sem efeitos negativos na inunidade ou condições fisiológicas dos peixes. No entanto, esses parâmetros são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe ou nível de substituição.

#### **6.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a larva de tenébrio.**

Dieta com 20% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 8,68% do total da formulação) para juvenis do bagre africano pode ser utilizada, pois aumentou o desempenho em crescimento e eficiência alimentar (NG et al. 2001). Dietas com 25% substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio para juvenis de truta arco-íris (BELFORTI et al. 2015) e 14% para juvenis do peixe-mandarim (SANKIAN et al. 2018) proporcionou melhor peso final, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica.

A farinha de larvas do tenébrio pode substituir a farinha de peixe em 16,7% nas dietas para juvenis do “Gilthead sea bream” (PICCOLO et al. 2017), 25% para juvenis do robalo europeu (GASCO et a. 2016) e “Blackspot sea bream” (IACONISI et al. 2017) sem prejudicar o desempenho de crescimento, eficiência alimentar e proteica (Tabela 23).

Do mesmo modo, 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 18% do total da formulação) é recomendável em dieta para juvenis do bagre amarelo, pois melhora a atividade antibacteriana e

antioxidante (SU et al. 2017). Mesma tendência foi observada por Henry et al. (2018a) em juvenis do robalo europeu de dieta tratamento com 36% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio, que melhora da atividade bacteriolítica e resposta anti-inflamatória (redução dos níveis séricos da atividade celuroplasmínica, óxido nítrico e mieloperoxidase). Henry et al. (2018b) demonstraram que juvenis de truta arco-íris podem ser alimentadas com dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio, pois apresentaram atividade bacteriolítica mais rápida e melhora na resposta antioxidante.

Substituições de 50% da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 50% do total da formulação) provocaram menor desempenho de crescimento, eficiência alimentar e proteica em robalo europeu, que também apresentaram redução do teor de EPA e DHA corporal (GASCO et al. 2016). Além disso, dieta com 37% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio (que representou 50% do total da formulação) reduziu a digestibilidade da proteína, matéria seca e extrato etéreo em dieta para juvenis do “Gilthead sea bream”, mas surpreendentemente não prejudicou o desempenho de crescimento (PICCOLO et al. 2017).

Juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dieta contendo 100% de substituição do farelo de soja pela farinha de larva do tenébrio (que representou 43% do total da formulação) prejudicou o crescimento, eficiência alimentar, EPA e DHA muscular (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2016). Mesma tendência para o conteúdo de EPA e DHA muscular de juvenis de truta arco-íris alimentados com dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas do tenébrio que representou 50% do total da formulação) (IACONISI et al. 2018).

Apesar desses resultados, a composição corporal dos insetos é influenciada pelo tipo de alimentação e podem ser cultivados em substrato contendo ácidos graxos polinsaturados melhorando os níveis nas farinhas de insetos (ST-HILLAIRE et al. 2007b; BARROSO et al. 2014).

**Tabela 23:** Desempenho de peixes alimentados com farinha da larva de tenébrio.

País	Tipo de Substrato	Processamento / utilização	Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Resultado	Referência
Malásia	n.i.	Larva secas ao sol e moídas	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (Juvenil)	0, 20, 40, 60, 80 e 100	Pode substituir a farinha de peixe em 40% sem afetar negativamente o peso final, taxa de crescimento específico e eficiência proteica. Melhores resultados com dieta 20%.	Ng et al. (2001)
Itália	n.i.	Farinha de larvas	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0, 26 e 50	Nível de 50% não afetou negativamente o peso final, taxa de crescimento específico e eficiência proteica. Melhor desempenho foi com dieta 26%. Dietas com 26% e 50% aumentaram e diminuíram respectivamente o ácido linoleico, <sup>1</sup> EPA/ <sup>2</sup> DHA muscular.	Belforti et al. (2015)
Itália	n.i.	Farinha de larvas	<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (Juvenil)	0, 25 e 50	Nível de 25% não prejudicou os parâmetros de crescimento e eficiência alimentar. Dieta com 50% demonstrou piores resultados. Níveis de 25% e 50% aumentaram e diminuíram respectivamente os valores de ácido linoleico, EPA e DHA corporal. Dieta com 25% aumentou o <sup>3</sup> CDA da proteína e matéria seca.	Gasco et al. (2016)
Espanha	Farelo de cereais	Larvas liofilizadas e moídas	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nylo (Juvenil)	0 e 100 FS	Dieta com 100% de substituição do farelo de soja não prejudicou a ingestão alimentar, índices somáticos e composição de aminoácidos muscular. Mas, reduziu o peso final, taxa de crescimento, eficiência proteica, EPA e DHA muscular.	Sánchez-Muros et al. (2016)
Itália	Farelo de trigo	Larvas secas em estufa e moídas	<i>Pagellus bogaraveo</i> "Blackspot sea bream" (Juvenil)	0, 25 e 50	Substituições de 25% e 50% não influenciaram negativamente o peso final, taxa de crescimento e conversão alimentar. Dieta com 50% aumentaram e diminuíram respectivamente o conteúdo de ácido linoleico e EPA muscular. Dieta com 25% não influenciou nos parâmetros de cor da pele (dorsal e ventral) e do filé.	Iaconisi et al. (2017)
Itália	n.i.	Farinha de larva	<i>Sparus aurata</i> "Gilthead sea bream" (Juvenil)	0; 16,7 e 37	Peixes da dieta com 16,7% apresentaram melhor desempenho de crescimento, eficiência alimentar, sem prejudicar os CDA da proteína, matéria seca e extrato etéreo. Dieta com 37% prejudicou a digestibilidade de nutrientes e proporcionou peixes com maior índice de gordura visceral.	Piccolo et al. (2017)
China	n.i.	Farinha de larva	<i>Pelteobagrus fulvidraco</i> Bagre amarelo (Juvenil)	0, 25, 50 e 75	Dietas com farinha de larva não prejudicaram a taxa de crescimento, conversão alimentar e aumentaram a atividade da enzima <sup>6</sup> SOD e lisozima, 24h após desafio com <i>Edwardsiella ictaluri</i> . Substituições aumentaram a expressão de genes relacionados a resposta imune antes e após 24h de desafio com <i>E. ictaluri</i> e pelo menos 50% são recomendáveis.	Su et al. (2017)
Grecia	n.i.	Farinha de larva	<i>Dicentrarchus labrax</i> Robalo europeu (Juvenil)	0 e 36	Dieta com 36% de substituição com ou sem enzima exógena reduziu a atividade celuroplasminica sérica, óxido nítrico e mieloperoxidase. A atividade sérica da lisozima contra bactérias Gram positivas ( <i>Micrococcus luteus</i> ) não foi alterada, mas contra Gram negativas ( <i>Escherichia coli</i> ) foi prejudicada pela inclusão de proteinase.	Henry et al. (2018a)
Grecia	n.i.	Farinha de larvas	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0, 26 e 50	Dietas 26% e 50% aumentaram a atividade de enzimas antioxidantes no intestino proximal e distal. Dietas 26% e 50% promoveram peixes com atividade bacteriolítica mais rápida contra <i>E. coli</i> . Dieta com 50% aumentou significativamente a atividade da mieloperoxidase e a inibição da tripsina.	Henry et al. (2018b)

Itália	n.i.	Farinha de larvas	<b><i>Oncorhynchus mykiss</i></b> Truta arco-íris (juvenil)	0, 26 e 50	Dieta com 26% e 50% não influenciaram nas características morfológicas, de mercado e físicas dos filés crus e cozidos. Níveis de 50% aumentaram e diminuíram respectivamente os ácidos graxos <sup>7</sup> 16:0, <sup>8</sup> 18:1n9, <sup>9</sup> 18:2n6 e EPA/DHA no filé. Nível de 26% é recomendável, evitam a perda de propriedades nutricionais.	Iaconisi et al. (2018)
Coréia	n.i.	Larvas secas e moídas	<b><i>Siniperca scherzeri</i></b> Peixe-mandarim (juvenil)	0; 7; 14 e 21	Dieta com 14% proporcionou peixes com maior ganho de peso, taxa de crescimento, eficiência proteica, retenção de lipídeo e proteína. Todos os níveis de substituição aumentaram os níveis de ácidos graxos 18:1n-9 e 18:2n-6. Qualquer nível de inclusão melhorou o status antioxidante e anti-microbiológico.	Sankian et al. (2018)
Itália	n.i.	Farinha de larvas	<b><i>Oncorhynchus mykiss</i></b> Truta arco-íris (juvenil)	0 e 60	Peixes da dieta com 60% apresentaram menor dominância e riqueza de <sup>10</sup> UTOs indicando que a farinha de larvas foi benéfica para comunidade de bactérias especializadas. Substituições de 50% para robalo europeu e 47% para "Gilthead sea bream" aumentaram UTOs que eram ausentes antes da substituição, indicando um novo ambiente para esses organismos.	Antonopoulou et al. (2019)
			<b><i>Dicentrarchus labrax</i></b> Robalo europeu (juvenil)	0 e 47		
			<b><i>Sparus aurata</i></b> (juvenil)	0 e 50		

n.i.: dado não informado. <sup>1</sup>EPA (Eicosapentaenóico, 20:5n-3). <sup>2</sup>DHA (Docosahexaenóico, 22:6n-3). <sup>3</sup>CDA (Coeficiente de digestibilidade aparente). <sup>6</sup>SOD (Superóxido dismutase). <sup>7</sup>16:0: (Ácido palmítico). <sup>8</sup>18:1n9 (Ácido oleico). <sup>9</sup>18:2n6 (Ácido linoleico). <sup>10</sup>UTOs: Unidade Taxonômica Operacional.

## 7. Mosca doméstica (*Musca domestica*).

A mosca doméstica (*Musca domestica*) pertence a ordem Diptera, família Muscidae é considerada uma espécie de inseto cosmopolita (RAFAEL et al. 2012) que apresenta metamorfose completa com quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto (ORTIZ et al. 2011). Na fase adulta a coloração é cinza amarelada ou cinza escura no tórax e o abdômen é amarelado com uma faixa mediana dorso longitudinal negra. O dimorfismo sexual nos adultos pode ser realizado através da diferenciação do formato dos olhos, que nos machos são holópticos (próximos em vista dorsal) e nas fêmeas dicópticos (separados em vista dorsal) (BRITO et al. 2008).

A mosca doméstica possui aparelho bucal sugador-lambedor, não perfurante e hábitos diurnos (RAFAEL et al. 2012). A fêmea inicia a postura entre três a quatro dias após emergir da fase de pupa, pode realizar seis posturas e depositar por volta de 120 ovos (PEDROSO-DE-PAIVA, 2000). O ciclo de vida da mosca doméstica varia de 15 a 70 dias (BRITO et al. 2008). Os ovos possuem forma oval e coloração branca (1mm comprimento), podem ser depositados em vários tipos de substratos contendo matéria orgânica e umidade. O tempo de incubação dos ovos é de 12 - 24 horas (ORTIZ et al. 2011). Antes de formar o casulo, a larva passa por três instares em um período que pode durar três a seis dias, mas em climas frios pode durar até um mês, com capacidade de sobreviver a zero grau por vários dias. As larvas consomem vorazmente resíduos orgânicos, necessitam de umidade adequada e não sobrevivem em substrato com excesso de água (PEDROSO-DE-PAIVA, 2000). Nas larvas em estágio avançado (3-9 mm comprimento), a coloração é creme esbranquiçada, com formato cilíndrico mais encurtado na região da cabeça, que possui um par de pequenos ganchos escuros (SANCHEZ-ARROYO, 2003). No final do estágio larval, a pré-pupa escurece gradualmente durante quatro a cinco dias. Após esse período, a mosca adulta deixa o substrato, atinge plena atividade por volta de 15 horas e pode acasalar (ORTIZ et al. 2011).

A mosca doméstica é considerada um vetor de patógenos em humanos e animais. No entanto, adultos de mosca doméstica recém emergidos podem apresentar pouco ou nenhum patógeno, devido a sua intensa reorganização trato digestivo durante o estágio final da pupação para a formação de um novo sistema

digestório. Por outro lado, após a pupação se as moscas adultas estão livres de patógenos elas irão se contaminar facilmente pelo contato direto com substrato contaminado (GRACZYK et al. 2001). Portanto, boas práticas de manipulação e higiene devem ser adotadas na criação de insetos (VELDKAMP et al. 2014), com objetivo de evitar a contaminação dos insetos cultivados por patógenos transmitidos pelo homem ou vice-versa. Além disso, cuidados devem ser tomados quando se utiliza resíduos para alimentação de insetos (VAN HUIS et al. 2014). Na produção de farinha de insetos pode-se utilizar como substratos de alimentação resíduos de grãos (DONG et al. 2013), fereles vegetais (LIN e MUIN et al. 2017; WANG et al. 2017), resíduos de cervejaria (DEVIC et al. 2017) e tratamento térmico usando cozimento por 30 minutos ou autoclavagem a 121 °C por 20 minutos (IDO et al. 2013).

As larvas de mosca doméstica podem ser utilizadas na redução de material orgânico: esterco de suíno (ČIČKOVÁ et al. 2012; WANG et al. 2013), esterco de frango (FASAKIN et al. 2003) e resíduos orgânicos municipais (DIENER et al. 2011). Além disso, devido ao seu valor nutricional, estudos foram realizados com larvas e pupas na alimentação de peixes (BONDARI e SHEPPARD, 1981; FASAKIN et al. 2003), frangos de corte (DORDEVIĆ et al. 2008) e também podem ser usadas na produção de biodiesel (YANG et al. 2014).

## **7.1. Valor nutricional da mosca doméstica.**

### **7.1.2. Composição aproximada da larva e pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).**

A farinha de larva de mosca doméstica apresenta elevado conteúdo de proteína bruta, com destaque para o valor da farinha de pupa com 76,23% de proteína bruta (Tabela 24). A pupa de mosca doméstica demonstra teor 7,73% cinzas menor que o da farinha de peixe (arenque) (10,40%). Segundo Vidotti e Gonçalves (2007), o conteúdo de cinzas da farinha de peixe pode ser explicado pelo tipo de matéria prima utilizada para sua fabricação, que utiliza resíduos de pescado contendo cabeça, carcaça, vísceras e pele.

**Tabela 24:** Composição química de larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).

Nutriente	Pieterse e Pretorius (2014)		NRC (2011)
	Larva	Pupa	Farinha de peixe
<b>Matéria Seca (%MS)</b>	n.i.	n.i.	92,00
<b>Proteína bruta (%MS)</b>	60,38	76,23	72,00
<b>Gordura bruta (%MS)</b>	14,08	14,39	8,40
<b>Cinza (%MS)</b>	10,68	7,73	10,40
<b>Fibra bruta (%MS)</b>	8,59	15,71	0,60
<b>Energia (kcal.kg<sup>-1</sup>)</b>	4800,80	4877,23	4340,00*

Nota: n.i. indica dado não informado. MS: Matéria seca; farinha de peixe (como alimentação básica). \*Energia digestível para truta arco-íris.

### **7.1.3. Composição de aminoácidos da larva e pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).**

A larva e pupa de mosca doméstica apresentaram maior conteúdo de aminoácidos essenciais em relação a farinha de peixe (arenque). A quantidade de lisina e metionina foram maiores em larva e pupa. Mesma tendência para os valores de arginina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina quando comparado com os valores da farinha de peixe (arenque) (Tabela 25). De acordo com Barroso et al. (2014), insetos dípteros são mais similares em termos de aminoácidos essenciais em relação a farinha de peixe, com altos valores de histidina, lisina e treonina. Aminoácidos essenciais são importantes para muitos animais, sendo necessário ser ingeridos da dieta (NRC, 2011). Além disso, dietas deficientes de lisina e metionina prejudicam o crescimento e a eficiência alimentar (NRC, 2011).

**Tabela 25:** Composição de aminoácidos da proteína de farinha de larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).

Aminoácidos (%)	Barroso et al. (2014)		NRC (2011)
	Makkar et al. (2014)		
	Larva	Pupa	Farinha de peixe
<b>Indispensáveis</b>			
Arginina	6,83	8,76	3,73
Histidina	4,68	5,17	1,53
Isoleucina	4,89	5,20	3,64
Leucina	6,75	6,57	4,69
Lisina	8,36	7,57	7,30
Metionina	3,00	3,44	2,20
Fenilalanina	7,01	6,86	2,68
Treonina	4,87	5,28	2,82
Triptofano	1,50	n.i.	0,76
Valina	6,08	6,08	3,51
<b>Dispensáveis</b>			
Ácido glutâmico	11,70	n.i.	n.i.
Alanina	5,80	n.i.	n.i.
Ácido aspártico	7,50	n.i.	n.i.
Cistina	0,70	n.i.	1,60
Glicina	4,20	n.i.	n.i.
Prolina	3,30	n.i.	n.i.
Tirosina	4,70	5,91	2,15
Serina	3,60	n.i.	n.i.

Nota: n.i. indica dado não informado.

#### 7.1.4. Composição de ácidos graxos dos lipídeos da farinha da larva, pupa de mosca doméstica e óleo de peixe (arenque).

As farinhas de larva e pupa de mosca doméstica são ricas em ácido palmítico, oléico e linoléico (Tabela 26). De acordo com Sánchez-Muros et al. (2014), peixes de água doce possuem a capacidade de converter ácidos graxos essenciais como o linoleico em ácidos mais insaturados e biologicamente mais importantes.

Os conteúdos de EPA e DHA da farinha de larva e pupa de mosca doméstica foram menores quando comparados com os valores do óleo de arenque. No entanto, a composição de ácidos graxos das larvas depende do tipo de alimentação (MAKKAR et al. 2014) e quando criadas em substrato rico em resíduos de pescado melhoram a composição das farinhas de insetos (ST-HILLAIRE et al. 2007b; SEALEY et al. 2011).

**Tabela 26:** Composição de ácidos graxos da larva e pupa de mosca doméstica e óleo de peixe (arenque).

Ácidos graxos	Pieterse e Pretorius (2014)		NRC (2011)
	Larva	Pupa	Óleo de peixe
<b>Saturados(%)</b>			
Mirístico <b>14:0</b>	4,08	2,70	6,40
Palmitico <b>16:0</b>	38,01	34,85	12,70
Esteárico <b>18:0</b>	4,39	2,75	0,90
Σ Saturados	46,48	40,30	20,00
<b>Monoinsaturados (%)</b>			
Palmitoléico <b>16:1</b>	8,26	5,59	8,8
Elaídico <b>18:1</b>	n.i.	n.i.	12,7
Oléico <b>18:1n-9</b>	22,02	22,40	n.i.
Elaidico <b>18:1n-9</b>	0,60	0,43	n.i.
Gadoleico <b>20:1</b>	0,34	0,37	n.i.
Erúico <b>22:1n-9</b>	n.i.	n.i.	n.i.
Σ Monoinsaturados	31,22	28,79	21,50
<b>Polinsaturado (%)</b>			
Linoléico <b>18:2n-6</b>	26,25	36,27	1,10
Araquidônico <b>20:4n-6</b>	0,10	0,05	0,30
α-linolênico <b>18:3n-3</b>	0,03	0,07	0,60
γ-linolênico <b>18:3n-6</b>	1,99	2,73	n.i.
Estearidônico <b>18:4n-3</b>	n.i.	n.i.	1,70
Eicosapentaenóico <b>20:5n-3</b>	0,03	0,08	8,40
Docosapentaenóico <b>22:5n-3</b>	n.i.	0,15	0,80
Docosahexaenóico <b>22:6n-3</b>	0,03	0,03	4,90
Σ Polinsaturado	28,43	39,38	17,80

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 7.1.5. Composição de minerais da larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (areque).

As quantidades de manganês, ferro e cobre da farinha de larva de mosca doméstica são superiores à da farinha de peixe (arenque). Além disso, a farinha de pupa demonstrou maiores níveis de potássio, magnésio, manganês, ferro, zinco e cobre. Cobre, ferro, manganês e zinco são microminerais que participam de uma ampla variedade de processos bioquímicos e a deficiência desses minerais podem ocasionar perda de crescimento, anemia, anomalias esqueléticas em peixes (NRC, 2011). A deficiência de fósforo em dietas para peixes pode prejudicar o metabolismo, reduzindo o crescimento e a eficiência alimentar (NRC, 2011). A farinha de pupa de mosca doméstica apresentou bom nível de fósforo, que foi próximo ao valor da farinha de peixe (arenque) (Tabela 27).

**Tabela 27:** Composição de minerais da larva, pupa de mosca doméstica e farinha de peixe (arenque).

Minerais	Fasakin et al. (2003)	Bernard et al. (1997)	NRC (2011)
	Larva	Pupa	Farinha de peixe
Fósforo (%)	n.a	1,18	1,67
Potássio (%)	0,44	1,34	1,08
Sódio (%)	0,34	0,55	0,59
Cloro (%)	n.a	n.a	0,99
Enxofre (%)	n.a	n.a	0,46
Cálcio (%)	0,31	0,42	2,20
Magnésio (%)	0,14	0,36	0,14
Selênio (ppm)	n.a	1,30	1,95
Manganês (ppm)	47,09	302,00	4,80
Ferro (ppm)	1089,46	574,00	114,00
Zinco (ppm)	46,02	319,00	125,00
Cobre (ppm)	22,59	54,00	5,60
Selênio (ppm)	n.a	n.a	1,95

n.i.: dado não informado.

## **7.2. Uso da farinha de larva e pupa de mosca doméstica na alimentação de peixes.**

A mosca doméstica é fonte de proteínas, lipídeos (MAKKAR et al. 2014) e as larvas inteiras ou farinha foram utilizadas extensivamente na nutrição de peixes (HENRY et al. 2015), com destaque para tilápia-do-nilo (MICHAEL e SOGBESAN, 2015; MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019) e bagre africano (FASAKIN et al. 2003). Nos estudos foram analisados parâmetros de desempenho de crescimento, eficiência alimentar, eficiência protéica, composição corporal e muscular de diferentes espécies e digestibilidade de nutrientes. No total foram encontrados 18 estudos que utilizaram a farinha de larva e dois com a farinha de pupa de mosca doméstica.

### **7.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de larva e pupa de mosca doméstica.**

A farinha de larva de mosca doméstica cultivada em sangue bovino e farelo de trigo (que representou 25% do total da formulação) pode substituir a farinha de peixe até 100% em dietas para juvenis do bagre africano sem efeitos adversos no peso final, taxa de crescimento específico e eficiência protéica (ANIEBO et al. 2009). Resultados similares foram evidenciados com juvenis da mesma espécie e dieta tratamento contendo 50% de farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (OYELESE, 2007; KAREEM e OGUNREMI, 2012) (Tabela 28).

Juvenis de tilápia-do-nilo podem ser alimentados com dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas cultivadas em esterco de frango (que representou 17,97% do total da formulação) sem alterar significativamente o desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica (AZEWUDO et al. 2015). No estudo de Mustapha e Kolawole (2019) foi possível a substituição total da farinha de peixe pela farinha de larva da mosca doméstica cultivada em esterco de frango (que representou 38,17% do total da formulação) em dietas para juvenis de tilápia-do-nilo sem efeitos adversos no peso final.

No estudo de Ido et al. (2015) foi evidenciado melhor peso final e taxa de conversão alimentar em juvenis do “red seam bream” de dieta tratamento que substituiu a farinha de peixe em 5% pela farinha de pupa de mosca doméstica (que representou 5% do total da formulação). Mesma tendência foi observada por Lin e Muin (2017) para o crescimento e eficiência alimentar de juvenis do barramundi de dieta experimental com 15,42% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em farelo de arroz (que representou 20% do total da formulação), quando comparados aos peixes da dieta referência.

Juvenis de truta arco-íris de dieta experimental com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupas de mosca doméstica cultivadas em esterco bovino (representou 9,2% do total da formulação) demonstram menor peso final (ST-HILAIRE et al. 2007a). Mesma tendência para juvenis de tilápia-do-nilo de dieta tratamento com 19% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica cultivada em esterco de frango (que representou 30% do total da formulação) prejudicou significativamente os parâmetros de crescimento e eficiência alimentar, quando comparadas com peixes da dieta controle (OGUNJI et al. 2008b). Resultados similares foram demonstrados por Fasakin et al. (2003) para o crescimento e eficiência alimentar de juvenis do bagre africano de dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica seca ao sol (representou 35% do total da formulação), quando comparado com os peixes da dieta referência (25% de inclusão da farinha de peixe).

Possivelmente o conteúdo de quitina pode ter prejudicado o desempenho de truta arco-íris (ST-HILAIRE et al. 2007a). Além disso, a larva de mosca doméstica pode apresentar alto conteúdo de cinzas (MAKKAR et al. 2014), que pode ter

influenciado na digestibilidade da proteína e energia de dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva da mosca doméstica (que representou 30% do total da formulação) para tilápia-do-nilo (OGUNJI et al. 2008b). O método de processamento (desengorduramento e secagem em estufa) da farinha de larvas pode melhorar a disponibilidade de nutrientes para bagre africano (FASAKIN et al. 2003).

Juvenis do bagre “darkbarbel” de dieta tratamento com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica cultivadas em uma mistura contendo farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo de soja (que representou 39% do total da formulação) demonstraram significativamente menor desempenho em crescimento e eficiência alimentar (DONG et al. 2013). Segundo os autores, juvenil do bagre “dark barbel” possui baixa habilidade em digerir farinha de larvas de mosca doméstica. Mesmo padrão foi demonstrado para o crescimento e eficiência alimentar dos juvenis de carpa comum de dieta tratamento com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica cultivada em esterco de frango (que representou 86% do total da formulação) (OGUNJI et al. 2011). Os autores hipotetizaram que o conteúdo de fibra 13,78% (analisado pelo método de Van Soest, 1963) da farinha de larva da mosca doméstica pode ter prejudicado a digestibilidade de nutrientes. Além disso, dietas para juvenis de tilápia-do-nilo com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica criadas em esterco de frango (que representou 38,17% do total da formulação) também prejudicou o peso final, taxa de crescimento específico e conversão alimentar (MUSTAPHA, 2018).

A farinha de larvas de mosca doméstica pode substituir a farinha de peixe em até 50% nas dietas para peixes sem prejudicar significativamente o crescimento, a eficiência alimentar e proteica. No entanto, esses parâmetros são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, tipo de processamento, substrato de criação ou fase de desenvolvimento do inseto, nível de substituição, conteúdo de fibra ou cinzas.

**Tabela 28:** Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva e pupa de mosca doméstica.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%) / Fase utilizada	*PF (g) / ‡GP (min. e max.)	TCE (%/dia) (min. e max.)	TCA / *ECA (g) (min. e max.)	TEP (min. e max.)	Referência
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (Juvenil)	0 e 100	*2,05 <sup>B</sup> (100%) <sup>2</sup> ; 3,15 (0%)	0,38 <sup>B</sup> (100%) <sup>2</sup> ; 0,63 (27,0%) <sup>3</sup>	3,52 <sup>B</sup> (100%) <sup>2</sup> ; 2,24 (27,0%) <sup>3</sup>	0,75 <sup>B</sup> (100%) <sup>2</sup> ; 1,13 (0%)	Fasakin et al. (2003)
	0; 50; 75 e 100	*170,80 (100%); 230,28 (50%)	0,41 (100%); 1,30 (50%)	5,94 (50%); 16,54 (100%)	0,29 (100%); 0,38 (50%)	Oyelese (2007)
	0; 50 e 100	*258,61(0%); 273,98 (100%)	2,53 (0%); 2,56 (100%)	1,15 (0%); 1,17 (50%)	2,55 (0%); 2,60 (100%)	Aniebo et al. (2009)
	0; 50; 75 e 100	‡58,15 (100%); 119,65 (50%)	0,416 (100%); 1,303 (50%)	5,941 (50%); 16,54(100%)	0,289 (100%); 0,386 (50%)	Kareem e Ogunremi (2012)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	‡15,0 (75%); 16,1 (50%)	1,3 (0%); 1,46 (50%)	2,00 (50%); 2,12 (25%)	2,93 (0%); 3,43 (50%)	Ajani et al. (2004)
	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	*13,16 <sup>A</sup> (100%); 17,17 (15%)	3,45 <sup>A</sup> (100%); 3,76 (15%)	1,05 <sup>A</sup> (15%); 1,22 (100%)	n.i.	Ogunji et al. (2006)
	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	‡592 <sup>A</sup> (100%); 724 (15%)	3,5 <sup>A</sup> (100%); 3,8 (15%)	1,1 <sup>A</sup> (15%); 1,2 (100%)	n.i.	Ogunji et al. (2007)
	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	‡591,79 <sup>A</sup> (100%); 724,46 (15%)	3,76 <sup>A</sup> (27%); 3,45 (0%)	1,05 <sup>A</sup> (15%); 1,22 (100%)	1,22 <sup>A</sup> (0%); 2,64 (27%)	Ogunji et al. (2008a)
	0; 9 e 19	*11,96 <sup>B</sup> (19%); 16,23 (0%);	2,58 <sup>B</sup> (19%); 3,08 (0%)	1,12 <sup>B</sup> (0%); 1,45 (19%)	2,21 (19%); 2,47 (0%)	Ogunji et al. (2008b)
	Larva 0; 20; 30; 40; 50; 60; 70 e 80	*4,99 <sup>B</sup> (0%); 10,25 (50%)	1,04 <sup>B</sup> (30%); 1,47 (50%)	2,40 <sup>B</sup> (50%); 3,10 (0%)	0,88 <sup>B</sup> (0%); 1,12 (60%)	Azewudo et al. (2015)
	0; 11; 22; 33 e 43	*151,08 <sup>B</sup> (43%); 214, 02 (33%)	1,12 <sup>B</sup> (43%); 1,62 (33%)	1,32 (33%); 1,86 (43%)	n.i.	Wang et al. (2017)
	0; 25; 50; 75 e 100	*1,15 <sup>B</sup> (100%); 2,55 (0%)	1,25 <sup>B</sup> (100%); 1,87 (0%)	93,1 <sup>A</sup> (0%); 135,5 (100%)	1,61 <sup>B</sup> (0%); 2,10 (100%)	Mustapha (2018)
0; 25; 50; 75 e 100	*1,26 <sup>B</sup> (25%); 3,38 (100%)	1,08 <sup>B</sup> (25%); 1,87 (0%)	93,06 <sup>B</sup> (0%); 159,92 (25%)	0,63 <sup>B</sup> (100%); 1,87 (25%)	Mustapha e Kolawole (2019)	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	0 e 25/ Pupa	*2072 <sup>B</sup> (25%); 2396 (0%)	n.i.	1,18 <sup>A</sup> (0%); 1,22 (25%)	n.i.	St-Hilaire et al.(2007a)
<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum (Juvenil)	0; 10; 32; 47 e 62/ Larva	*4,38 <sup>B</sup> (62%); 9,44 (10%)	4,09 <sup>B</sup> (62%); 5,89 (10%)	1,38 <sup>B</sup> (10%); 2,19 (62%)	0,91 <sup>B</sup> (62%); 2,08 (10%)	Ogunji et al. (2011)
<i>Carassius auratus gibelio</i> Carpa gibel (Juvenil)	0 e 100/ Larva	*21,2 <sup>A</sup> (100%); 21,3 (0%)	1,32 <sup>A</sup> (0%); 1,32 (100%)	*51,3 <sup>B</sup> (0%); 58,9 (39%)	1,43 <sup>B</sup> (100%); 1,20 (0%)	Dong et al. (2013)
<i>Pelteobagrus vachelli</i> Bagre arkbarbel (Juvenil)	0 e 100/ Larva	*19,9 <sup>B</sup> (100%); 24,3 (0%)	1,49 <sup>B</sup> (100%); 1,80 (0%)	*43,9 <sup>B</sup> (100%); 49,8 (0%)	1,18 <sup>B</sup> (100%); 1,30 (0%)	
<i>Pagrus major</i> "Red seam bream" (Juvenil)	0; 0,05; 0,5; 5 e 5 / Pupa	*31,38 <sup>B</sup> (0%); 41,86 (5%)	n.i.	2,36 (5%); 4,78 (0%)	n.i.	Ido et al. (2015)
<i>Lates calcarifer</i> Barramundi (Juvenil)	0; 7,7; 11,56; 15,42 e 23,14/ Larva	*39,33 (0%); 43,08 (15,42%)	n.i.	1,02 (15,42%); 1,07 (0%)	2,50 (15,42%); 2,38 (0%)	Lin e Muin (2017)

<sup>1</sup>Farinha de larva seca em estufa; <sup>2</sup>Farinha de larva seca ao sol; <sup>3</sup>Farinha de larva desengordurada seca em estufa; <sup>4</sup>Farinha de larva desengordurada seca ao sol. \*PF: Peso final; ‡GP: Ganho de peso; TCE (%/dia): Taxa de crescimento específico; TCA: Taxa de conversão alimentar; ECA: Eficiência de conversão alimentar; TEP: Taxa de eficiência proteica. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **7.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de pupa ou larva de mosca doméstica.**

Dietas para juvenis de tilápia-do-nilo com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva da mosca doméstica cultivadas em farelo de trigo (que representou 43% do total da formulação) podem ser utilizadas sem efeitos adversos no CDA da proteína e lipídeo (Tabela 29).

A farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (que representou 15% do total da formulação) pode substituir a farinha de peixe em 9% nas dietas para juvenis de tilápia-do-nilo sem prejudicar o CDA do lipídeo, matéria seca, proteína e energia (OGUNJI et al. 2008b). No entanto, o CDA da proteína e energia foram menores na dieta 19%. Segundo os autores, esses resultados podem ter sido prejudicados pelo conteúdo de cinzas da farinha de larvas de mosca doméstica e melhores métodos de processamento podem melhorar a qualidade da farinha de larvas.

Dieta com inclusão de 30% da farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (que representou 30% do total da formulação) para juvenis de tilápias-do-nilo reduziu a digestibilidade de nutrientes, quando comparados com os valores da dieta referência (30% de farinha de peixe) (OGUNJI et al. 2009). Segundo os autores, esses resultados podem ter sido prejudicados pelo comportamento reprodutivo apresentado pela espécie, que ocasionou em redução da ingestão da dieta ou o conteúdo de fibra e/ou cinzas da farinha de larvas.

A farinha de larvas da mosca doméstica pode substituir a farinha de peixe nas dietas em até 9% sem prejudicar a digestibilidade de nutrientes. No entanto, maiores níveis de substituição podem ser possíveis, mas a digestibilidade será influenciada pelos seguintes fatores: substrato de criação do inseto, nível de substituição ou espécie de peixe.

**Tabela 29:** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de larva de mosca doméstica.

Referência	Ogunji et al. (2009)		Ogunji et al. (2008b)	Wang et al. (2017)
Espécie	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comun	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo
Fase de crescimento	juvenil	Juvenil	Juvenil	juvenil
Níveis de substituição(%)	0 e 30	0 e 30	0; 9 e 19	0; 25; 50; 75 e 100
Fase de desenvolvimento	Larva	Larva	Larva	Larva
Proteína bruta (min. e max.)	80,11 <sup>B</sup> (30%); 89,03 (0%)	86,50 <sup>A</sup> (0%); 87,08 (30%)	65,71 <sup>B</sup> (19%); 76,26 (0%)	88,28 <sup>A</sup> (100%); 90,71 (25%)
Lipídeo (min. e max.)	91,56 <sup>A</sup> (30%); 92,42 (0%)	90,68 <sup>A</sup> (0%); 96,19 (30%)	94,85 <sup>A</sup> (9%); 95,07 (0%)	95,72 <sup>A</sup> (100%); 98,67 (25%)
Matéria seca (min. e max.)	67,45 <sup>B</sup> (30%); 76,71 (0%)	67,68 <sup>A</sup> (30%); 70,15 (0%)	79,57 <sup>A</sup> (19%); 82,33 (9%)	69,96 <sup>A</sup> (0%); 76,77 (25%)
Energia (min. e max.)	76,42 <sup>B</sup> (30%); 85,94 (0%)	79,60 <sup>A</sup> (30%); 82,46 (0%)	51,10 <sup>B</sup> (19%); 56,13 (0%)	77,36 <sup>A</sup> (0%); 81,89 (25%)

<sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição ou inclusão).

### **7.3. Efeito do uso da farinha de larva e pupa de mosca doméstica na composição corporal e qualidade dos peixes.**

#### **7.3.1. Composição de matéria seca corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica.**

Níveis de substituição da farinha de peixe em 25% pela farinha de larvas cultivadas em esterco de frango (que representou 9,54% do total das formulações) podem ser utilizadas sem prejudicar o conteúdo de matéria seca de juvenis de tilápias-do-nilo (MUSTAPHA, 2018). Dietas com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de mosca doméstica cultivadas em esterco bovino (que representou 9,2% do total da formulação) também podem ser utilizadas para juvenis de truta arco-íris sem causar efeitos adversos na matéria seca corporal (ST-HILAIRE et al. 2007a). Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em uma mistura contendo farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo de soja (que representou 39% do total da formulação) para carpa "gibel" não modificaram o teor de matéria seca corporal (DONG et al. 2013). Mas, em juvenis do bagre "darkbarbel", a dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva de mosca doméstica reduziu significativamente o teor de matéria seca corporal (Tabela 30).

No estudo de Fasakin et al. (2003) com juvenis do bagre africano foi possível a substituição total da farinha de peixe pela farinha de larva (desengordurada e seca em estufa) de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (que representou 27% do total da formulação), pois não prejudicou o conteúdo de matéria seca.

Peixes podem ser alimentados com dietas contendo 100% de substituição da farinha de peixe sem efeitos adversos no teor de matéria seca corporal. No entanto, a composição de matéria seca é influenciada pelos seguintes fatores: substrato de criação do inseto, tipo de processamento, espécie de peixe ou nível de substituição,.

### **7.3.2. Composição de extrato etéreo corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica.**

Juvenis de tilápia-do-nilo podem ser alimentados com dietas contendo 75% (MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019) e 80% (AZEWUDO et al. 2015) de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica criadas em esterco de frango (que representaram 15,27% e 33,87% do total das formulações) sem prejudicar o conteúdo de extrato etéreo corporal. No estudo de Mustapha (2018) foi possível 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (que representou 38,17% do total da formulação) nas dietas para tilápias-do-nilo, que não prejudicaram o conteúdo de extrato etéreo.

Dietas para juvenis de truta arco-íris contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de mosca doméstica cultivadas em esterco bovino (que representou 9,2% do total da formulação) não influenciou no teor de extrato etéreo (ST-HILAIRE et al. 2007a). Por outro lado, no estudo de Dong et al. (2013) o conteúdo de lipídeo corporal do bagre “darkbarbel” foi significativamente reduzido pela dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 39% do total da formulação) criadas em substrato contendo uma mistura de farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo de soja, quando comparado com os peixes da dieta referência (28% de inclusão da farinha de peixe) (Tabela 30).

A farinha de larva da mosca doméstica pode substituir a farinha de peixe em até 100% nas dietas sem prejudicar a composição de extrato etéreo corporal. No entanto, esse parâmetro é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, conteúdo de cinzas ou tipo de substrato de criação.

**Tabela 30:** Composição de matéria seca e extrato etéreo corporal de peixes alimentados em dietas contendo larva e pupa de mosca doméstica.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Fase	Matéria seca	Extrato etéreo (%)	Referência
			Corporal (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0 e 25	Pupa	28,4 <sup>A</sup> (25%); 29,50 (0%)	11,0 <sup>A</sup> (25%); 11,8 (0%)	St-Hilaire et al. (2007a)
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0 e 100	Larva	19,7 <sup>A</sup> (27,0%) <sup>3</sup> ; 21,35 (33,5%) <sup>1</sup>	2,03 <sup>A</sup> (27,0%) <sup>3</sup> ; 2,82 (33,5%) <sup>1</sup>	Fasakin et al. (2003)
<i>Carassius auratus gibelio</i> Carpa “gibel” (juvenil)	0 e 100	Larva	26,55 <sup>A</sup> (0%); 29,60 (100%)	5,94 <sup>B</sup> (0%); 7,43 (100%)	Dong et al. (2013)
<i>Pelteobagrus vachelli</i> Bagre “darkbarbel” (juvenil)	0 e 100	Larva	25,34 <sup>B</sup> (100%); 28,64 (0%)	8,83 <sup>B</sup> (100%); 11,08 (0%)	Dong et al. (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Larva	n.i.	6,3 (25%); 8,0 (100%)	Ajani et al. (2004)
	0; 9 e 19	Larva	27,42 <sup>B</sup> (0%); 29,31 (9%)	6,46 <sup>B</sup> (0%); 7,57 (9%)	Ogunji et al. (2008b)
	0; 20; 30; 40; 50; 60; 70 e 80	Larva	n.i.	7,50 <sup>B</sup> (0%); 8,00 (20%)	Azewudo et al. (2015)
	0; 25; 50; 75 e 100	Larva	96,78 <sup>A</sup> (0%); 97,13 (25%)	2,22 <sup>A</sup> (100%); 3,07 (25%)	Mustapha (2018)
<i>Lates calcarifer</i> Barramundi (juvenil)	0; 7,7; 11,56; 15,42 e 23,14	Larva	29,11 <sup>A</sup> (7,7%); 30,94 (23,14%)	52,0 <sup>A</sup> (23,14%); 53,0 (0%)	Lin e Muin (2017)

<sup>1</sup>Farinha de larva seca em estufa; <sup>2</sup>Farinha de larva seca ao sol; <sup>3</sup>Farinha de larva desengordurada seca em estufa; <sup>4</sup>Farinha de larva desengordurada seca ao sol. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **7.3.3. Composição de cinzas corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica.**

Juvenis do barramundi podem ser alimentados com dieta contendo 23,14% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 30% do total da formulação) cultivadas em meio contendo farelo de arroz sem efeitos adversos no teor de cinzas corporal (LIN e MUIN, 2017). Dietas contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de mosca doméstica (que representou 9,2% do total da formulação) criadas em esterco bovino não influenciou no teor de cinzas corporal de juvenis de truta arco-íris (ST-HILAIRE et al. 2007a). Mustapha (2018) também não observou alteração no conteúdo de cinzas em juvenis de tilápia-do-nilo alimentados com dieta que substituiu a farinha de peixe em 75% pela farinha de larva da mosca doméstica (que representou 28,63% do total da formulação) criadas em esterco de frango.

Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas da mosca doméstica (que representou 39% do total da formulação) criadas em substrato contendo uma mistura de farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo de soja para juvenis de carpa “gibel” foram possíveis sem prejudicar o teor de cinzas corporal (DONG et al. 2013) (Tabela 31). Por outro lado, juvenis de tilápias-do-nilo alimentados com dietas que substituíram a farinha de peixe pela farinha de larvas criadas em esterco de frango em 60% (que representou 22,71% do total da formulação) (AZEWUDO et al. 2015) e 75% (que representou 15,27% do total da formulação) (MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019) reduziram significativamente o conteúdo de cinzas corporal. Provavelmente, as menores quantidades de matéria seca na dieta com 60% (88,74%) e 75% (56,99%) quando comparadas com dietas controle (que apresentaram valores de 90,25% e 63,95%, respectivamente) podem ter influenciado nos resultados de cinzas.

A farinha de larva pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas sem maiores efeitos no teor de cinzas corporal dos peixes. No entanto, esse parâmetro é influenciado pelos seguintes fatores: fase de desenvolvimento e substrato de criação do inseto, espécie de peixe, nível substituição ou conteúdo de matéria seca.

#### **7.3.4. Composição de proteína corporal dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica.**

Dietas com substituição parcial da farinha de peixe em 50% pela farinha de larvas da mosca doméstica (que representou 17,97% do total da formulação) criadas em esterco de frango podem ser utilizadas para juvenis de tilápia-do-nylo, pois aumentou significativamente o conteúdo de proteína corporal (AZEWUDO et al. 2015). Juvenis de tilápias-do-nylo podem ser alimentados com dieta contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 38,17% do total da formulação) cultivada em esterco de frango também não apresentaram modificações significativas no teor de proteína corporal (MUSTAPHA, 2018). Fasakin et al. (2003) não observaram alterações significativas no conteúdo de proteína corporal de juvenis do bagre africano alimentados com dietas contendo substituições da farinha de peixe em 100% pela farinha de larvas da mosca doméstica desengordurada e seca ao sol (que representou 27% do total da formulação).

No estudo de St-Hilaire et al. (2007a) dietas com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa da mosca doméstica (que representou 9,2% do total da formulação) cultivadas em esterco bovino não prejudicaram o teor de proteína corporal (Tabela 31). Por outro lado, dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larva da mosca doméstica (que representou 7,63% do total da formulação) criadas em esterco de frango reduziu o conteúdo de proteína corporal dos juvenis de tilápia-do-nylo, quando comparados com os peixes da dieta controle (38,17% de inclusão da farinha de peixe) (MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019). Provavelmente, a dieta 25% de substituição apresentou deficiência de algum aminoácido indispensável, visto que peixes dessa dieta apresentaram menor crescimento e aumento na taxa de conversão alimentar. Mas, os autores não analisaram a composição de aminoácidos das dietas.

Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe podem ser utilizadas sem afetar significativamente a composição de proteína corporal dos peixes. Por outro lado, o teor de proteína corporal é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou conteúdo de aminoácidos essenciais.

Tabela 31: Composição de cinzas corporal de peixes alimentados em dietas contendo larva e pupa de mosca doméstica.

Espécie (fase de crescimento)	Níveis de substituição (%)	Fase de desenvolvimento	Proteína bruta (%)	Cinza (%)	Referência
			Corporal (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0 e 25	Pupa	15,70 <sup>A</sup> (0%); 15,70 (25%)	2,10 <sup>A</sup> (25%); 2,20 (0%)	St-Hilaire et al. (2007a)
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0 e 100	Larva	17,94 <sup>A</sup> (100%) <sup>2</sup> ; 19,75 (100%) <sup>3</sup>	3,20 <sup>A</sup> (100) <sup>2</sup> ; 3,92 (100%) <sup>3</sup>	Fasakin et al. (2003)
<i>Carassius auratus gibelio</i> Carpa "gibel" (juvenil)	0 e 100	Larva	13,55 <sup>A</sup> (0%); 13,60 (100%)	46,00 <sup>A</sup> (0%); 50,10 (100%)	Dong et al. (2013)
<i>Pelteobagrus vachelli</i> Bagre "barkberbel" (juvenil)	0 e 100	Larva	11,71 <sup>A</sup> (0%); 12,81 (100%)	42,00 <sup>A</sup> (100%); 44,20 (0%)	Dong et al. (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Larva	73,10 (75%); 79,80 (50%)	7,00 (25%); 8,00 (75%)	Ajani et al. (2004)
	0; 9 e 19	Larva	14,90 <sup>A</sup> (19%); 15,58 (9%)	4,50 <sup>B</sup> (0%); 5,03 (19%)	Ogunji et al. (2008b)
	0; 20; 30; 40; 50; 60; 70 e 80	Larva	69,30 <sup>B</sup> (0%); 76,75 (50%)	17,50 <sup>B</sup> (60%); 21,00 (0%)	Azewudo et al. (2015)
	0; 25; 50; 75 e 100	Larva	20,90 <sup>A</sup> (100%); 23,80 (0%)	3,68 <sup>A</sup> (75%); 3,83 (50%)	Mustapha (2018)
	0; 25; 50; 75 e 100	Larva	20,30 <sup>B</sup> (25%); 23,77 (0%)	2,63 <sup>B</sup> (75%); 4,28 (25%)	Mustapha e Kolawole (2019)
<i>Lates calcarifer</i> Barramundi (juvenil)	0; 7,7; 11,56; 15,42 e 23,14	Larva	17,02 <sup>A</sup> (11,56%); 17,73 (15,42%)	38,30 <sup>B</sup> (7,7%); 46,70 (23,14%)	Lin e Muin (2017)

<sup>1</sup>Farinha de larva seca em estufa; <sup>2</sup>Farinha de larva seca ao sol; <sup>3</sup>Farinha de larva desengordurada seca em estufa; <sup>4</sup>Farinha de larva desengordurada seca ao sol. Nota: <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### 7.3.5. Composição de ácidos graxos muscular dos peixes alimentados com farinha de larva e pupa de mosca doméstica.

Juvenis de truta arco-íris podem ser alimentados com dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa da mosca doméstica criadas em esterco bovino (que representou 7,63% do total da formulação) sem alterações significativas no conteúdo de EPA e DHA muscular (ST-HILLAIRE et al. 2007a). Mesma tendência foi demonstrada por Lin e Muin (2017) para o teor de ácidos graxos polinsaturados n-3 no tecido muscular de juvenis do barramundi de dieta tratamento contendo 15,42% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica criadas em farelo de arroz (que representou 20% do total da formulação) (Tabela 32). Por outro lado, o teor de ácidos saturados (14:0 e 16:0) seguiu padrão de aumento com os níveis de substituição da farinha de peixe. No entanto, juvenis de truta arco-íris de dieta tratamento com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa cultivada em esterco bovino (que representou 7,63% do total da formulação) não demonstraram aumento de ácidos graxos 14:0 e 16:0 muscular, quando comparado com peixes da dietas controle (36% de farinha de peixe) (ST-HILLAIRE et al. 2007a).

Peixes podem ser alimentados com dietas contendo até 25% de substituição da farinha de peixe sem efeitos significativos na composição de ácidos graxos muscular. No entanto, a composição de ácidos graxos é influenciada pelos seguintes fatores: nível de substituição, espécie de peixe, fase de desenvolvimento ou substrato de alimentação do inseto.

**Tabela 32:** Composição (%) de ácidos graxos muscular dos peixes alimentados com larva e pupa de mosca doméstica.

Espécie (Fase de crescimento)	Fase	Muscular		
		EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	C18:2 n6 (%) (min. e max.)
<sup>1</sup> <i>Lates calcarifer</i> Barramundi (Juvenil)	Larva	42,30 <sup>A</sup> (0%); 46,80 (15,42%)	48,0 <sup>A</sup> (11,5%); 59,1 (15,42%)	15,73 <sup>B</sup> (0%); 21,56 (7,7%)
<sup>2</sup> <i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (Juvenil)	Pupa	3,85 <sup>A</sup> (0%); 4,02 (25%)	7,51 <sup>A</sup> (25%); 7,88 (0%)	4,55 <sup>B</sup> (0%); 5,66 (25%)

<sup>1</sup>Lin e Muin, (2017); <sup>2</sup>St-Hilaire et al. (2007a). EPA: Ácido eicosapentaenóico (20:5-n3); DHA: Ácido docosahexaenóico (22:6-n3). 12:0: Ácido láurico. Nota: <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **7.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de larva ou pupa de mosca doméstica.**

No estudo de Ogunji et al. (2006), juvenis de tilápia-do-nilo de dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica criadas em esterco de frango (que representou 68% do total da formulação) não provocou alteração significativa nos níveis plasmáticos de hematócrito, cortisol e glicose. Tendência também observada para os níveis de glicogênio hepático em tilápias-do-nilo alimentadas com dietas contendo níveis de substituição da farinha de peixe 9%, 15%, 21%, 27%, 32,5% e 100% pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representaram 15%, 25%, 35%, 45%, 55% e 68% do total das formulações) (OGUNJI et al. 2007). Nesse estudo, os autores demonstram aumento significativo da atividade da glutadiona transferase em peixes das dietas com 21% a 100% e sugeriram que dieta 15% de substituição demonstrou melhor desempenho e eficiência alimentar com menor atividade da glutadiona transferase.

Ogunji et al. (2011) observaram melhor condição de enzimas antioxidantes catalase e glutadiona s-transferase hepática em juvenis de carpa comum de dieta com 32% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 45% do total da formulação) criadas em esterco de frango. Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas da mosca domestica (que representou 39% do total da formulação) criadas em substrato contendo farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo de soja melhorou a resposta antioxidante de carpa “gibel”, mas foi atenuada no bagre “darkbarbel” e essas diferenças podem ser explicadas pelos diferentes tipos de estratégias de adaptação a fontes de proteína alimentar (DONG et al. 2013). Dietas contendo 7,5% de inclusão de farinha de pupa de mosca doméstica proporcionou melhor resposta imune em juvenis do “red seam bream”, em relação aos peixes da dieta controle (IDO et al. 2015). Os autores também evidenciaram melhora sobrevivência em juvenis da mesma espécie alimentados com dieta contendo 5% de farinha de larva autoclavada ou não em desafios contra bactéria partogênica *Edwardsiella tarda*.

Lin e Muin, (2017) verificaram que substituições da farinha de peixe pela farinha de larva da mosca doméstica criadas em farelo de arroz acima de 11,56% (que representou 15% do total da formulação) reduziram significativamente a atividade de enzima antioxidante (SOD hepática) e atividade de lisozima plasmática, mas aumentaram os níveis de produtos da peroxidação lipídica juvenis do barramundi. Esses resultados sugerem um processo de estresse oxidativo gerado pelo conteúdo de quitina ou desbalanço do perfil de ácidos graxos da farinha de larvas e atenuação da resposta imuni não específica, portanto até 7,5% de substituição (que representou 10% do total da formulação) é recomendável para a espécie (LIN e Muin, 2017).

A farinha de larvas da mosca doméstica pode substituir a farinha de peixe em até 100% nas dietas sem efeitos prejudiciais no parâmetros hematológicos e estresse oxidativo. Além disso, níveis de 7,5% podem ser utilizados sem prejudicar a imunidade dos peixes. No entanto, os parâmetros fisiológicos e imunológicos são influenciados pelos seguintes fatores: fase de desenvolvimento ou substrato de criação do inseto, espécie de peixe ou nível de substituição.

#### **7.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a mosca doméstica.**

Dieta para juvenis do bagre africano contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica desengordurada e seca em estufa ou desengordurada e seca ao sol cultivada em esterco de frango (que representaram 27% e 32% do total das formulações) foram possíveis sem prejudicar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar dos peixes (FASAKIN et al. 2003). Em juvenis da mesma espécie de dietas tratamentoalimentados com dieta tratamento contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em sangue bovino e farelo de trigo cultivadas em sangue bovino e farelo de trigo também não prejudicou a taxa de crescimento e a eficiência alimentar e proteica de (ANIEBO et al. 2009). Bagre africano demonstraram melhores resultados para o ganho de peso, taxa de crescimento e eficiência proteica com dieta contendo 50%50% de

substituição da dieta referência pela farinha de substituição da dieta referência pela farinha de larvas de mosca doméstica criadas em esterco de frango (KAREEM e OGUNREMI, 2012).

Dieta para tilápias-do-nilo contendo substituição de 50% (AJANI et al. 2004; AZEWUDO et al. 2015), 75% (MUSTAPHA, 2018) e 100% (MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019) da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica não prejudicaram significativamente o peso final, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica. Dieta com 15% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 25% do total da formulação) para tilápia-do-nilo não prejudicou os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar e estresse oxidativo (OGUNJI et al. 2007). Similarmente, substituição da farinha de peixe em 100% pela farinha de larva da mosca doméstica cultivada em esterco de frango (que representou 68% do total da formulação) foi possível em dieta para juvenis de tilápia-do-nilo sem efeitos significativos nos parâmetros de crescimento (OGUNJI et al. 2008a) e hematológicos (hematócrito, cortisol e glucose) (OGUNJI et al. 2006).

Dieta para tilápias-do-nilo contendo substituição de 50% (AZEWUDO et al. 2015), 75% (MUSTAPHA, 2018) e 100% (MUSTAPHA e KOLAWOLE, 2019) da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica não prejudicaram significativamente o peso final, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica.

Dieta com 15% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (que representou 25% do total da formulação) para tilápia-do-nilo não prejudicou os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar e estresse oxidativo (OGUNJI et al. 2007). A substituição da farinha de peixe em 100% pela farinha de larva da mosca doméstica cultivada em esterco de frango (que representou 68% do total da formulação) foi possível em dieta para juvenis de tilápia-do-nilo sem efeitos significativos nos parâmetros de crescimento (OGUNJI et al. 2008a) e hematológicos (hematócrito, cortisol e glucose) (OGUNJI et al. 2006). No estudo de Ido et al. (2015), dieta com 5% substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa da mosca doméstica para juvenos do “red sea bream” proporcionou significativamente melhor crescimento, sobrevivência e resposta imunológica

(maior atividade fagocítica dos leucócitos) em peixes alimentados com 7,5% de substituição.

Dong et al. (2013) dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em farelo de trigo, de arroz e resíduo de soja (que representou 39% do total da formulação) aumentou significativamente a resposta antioxidante em juvenis de carpa “gibel” que demonstraram melhor eficiência alimentar.

Apesar desses resultados, dieta para juvenis de tilápia-do-nilo contendo 19% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica cultivadas em esterco de frango (que representou 30% do total da formulação) prejudicou significativamente o peso final, taxa de crescimento e a digestibilidade de nutrientes (proteína e energia) (OGUNJI et al. 2008b). Resultados similares foram demonstrados por Dong et al. (2013) para os parâmetros de crescimento e eficiência alimentar de bagre “darkbarbel” que apresentaram redução significativa da atividade antioxidante quando foram alimentados com dieta contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de larvas de mosca doméstica (cultivadas em farelo de trigo, de arroz e resíduo de soja).

**Tabela 33:** Desempenho de peixes alimentados com larva e pupa de mosca doméstica.

País	Tipo de Substrato	Processamento / utilização	Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Resultado	Referência
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0 e 100	Dietas sem farinha de peixe com 27% <sup>3</sup> de inclusão da farinha de larvas desengorduradas secas em estufa ou 32% <sup>4</sup> de farinha de larvas desengorduradas secas ao sol podem ser utilizadas sem prejudicar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar.	Fasakin et al. (2003)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Pôde substituir a farinha de peixe em 100% sem prejudicar o peso final, taxa de crescimento, conversão alimentar e eficiência proteica. No entanto, melhor desempenho em crescimento e composição corporal com 50% de substituição.	Ajani et al. (2004)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	Dieta com 100% de substituição da farinha de peixe não prejudicaramo desempenho de crescimento, eficiência alimentar e proteica. Não alteraram parâmetros plasmáticos de hematócritos, cortisol e glucose, mas reduziram a taxa de sobrevivência em 22%.	Ogunji et al. (2006)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de Larva	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0; 50; 75 e 100	Melhor desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica com dieta contendo 50% de substituição da dieta referência que reduziu em 40% os custos com ração.	Oyelese (2007)
Alemanha	n.i.	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	Dietas não prejudicou o crescimento, eficiencia alimentar, eficiência proteica e glicogênio hepático. Dieta com 15% proporcionou melhor desempenho, eficiência alimentar e menor atividade de GST no fígado.	Ogunji et al. (2007)
Estados Unidos	Esterco de bovino	Farinha de pupa	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0 e 25	Dieta com 25% de substituição da farinha de peixe não prejudicou a conversão alimentar, mas reduziu o peso final.	St-Hilaire et al. (2007a)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 9; 15; 21; 27; 32,5 e 100	Pode substituir a farinha de peixe em até 100% sem prejudicar o peso final, taxa de crescimento, conversão alimentar e eficiência proteica.	Ogunji et al. (2008a)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 9 e 19	Dietas com 9% e 19% não prejudicaram a taxa de eficiência proteica, mas peixes dessas dietas apresentaram menor peso final e taxa de crescimento. Dieta com 19% aumentou o conteúdo de lipídeo, matéria seca e cinzas corporal. Dieta com 19% reduziu a digestibilidade da proteína e energia.	Ogunji et al. (2008b)
Malásia	Esterco de frango	Farinha de larva	<sup>1</sup> <i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil) <sup>1</sup> <i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	0 e 30	O <sup>5</sup> CDA da proteína e energia na dieta com 30% de substituição para tilápia-do-nilo foram menores quando comparados com os valores de carpa. Esses resultados foram atribuídos ao comportamento reprodutivo apresentado pela espécie e a consistência da fezes em carpa, que ocasionou lixiviamento de nutrientes.	Ogunji et al. (2009)
Nigéria	Sangue bovino e farelo de trigo	Farinha de larva	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0; 50 e 100	Dietas com 50% e 100% de substituição demonstraram melhor peso final e não diferiram da dieta controle em relação a taxa de crescimento, eficiência proteica e conversão alimentar.	Aniebo et al. (2009)

Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum (juvenil)	0; 10; 32; 47 e 62	Peixes da dieta com 32 45% de substituição demonstraram melhor desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica em relação aos peixes da dieta controle. Os níveis de CAT e SOD maiores na dieta 10% não prejudicaram o desempenho dos peixes.	Ogunji et al. (2011)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0; 50; 75 e 100	Dieta com 50% de substituição da dieta referência proporcionou maior ganho de peso, taxa de crescimento, conversão alimentar e eficiência proteica.	Kareem e Ogunremi (2012)
China	Farelo de trigo, farelo de arroz e resíduo soja	Farinha de larva	<i>Carassius auratus gibelio</i> Carpa "gibel" (juvenil) <i>Pelteobagrus vachelli</i> Bagre darkbarbel (juvenil)	0 e 100	Dieta com 100% pode ser usada para carpa, pois não prejudicou o crescimento, a eficiência alimentar e resposta antioxidante. Em bagre, dieta com 100% prejudicou o desempenho, eficiência alimentar e reduziu a resposta antioxidante.	Dong et al. (2013)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 20; 30; 40; 50; 60; 70 e 80	Peixes da dieta 50% demonstraram melhor peso final, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica. Dieta com 50% aumentou e reduziu, respectivamente, o conteúdo corporal de proteína e cinzas. Também demonstrou melhor custo-benefício.	Azewudo et al. (2015)
Japão	n.i.	Farinha de pupa esterilizada ou não (autoclave)	<i>Pagrus major</i> Red sea bream (juvenil)	0; 0,05; 0,5; 5 e 5 autoclavada	Peixes das dietas com 5% e 5% autoclavada apresentaram melhor peso final, conversão alimentar e melhor sobrevivência contra desafio bacteriológico ( <i>Edwardsiella tarda</i> ). Substituições de 0,75% e 7,5% de farinha de larvas aumentaram a atividade fagocítica de leucócitos.	Ido et al. (2015)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre-africano (juvenil)	0; 25 e 100	Substituições de 100% não prejudicaram o ganho de peso, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica. Melhor desempenho em crescimento foi obtido com 25% de substituição.	Michael e Sogbesan (2015)
China	Farelo de arroz	Farinha de larva	<i>Lates calcarifer</i> Barramundi (juvenil)	0; 7,7; 11,56; 15,42 e 23,14	Pode substituir a farinha de peixe em até 23,14% sem prejudicar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar. Mas, substituições acima de 11,56% aumentaram os níveis de produtos da peroxidação lipídica. Por isso, níveis de 7,7% são recomendáveis.	Lin e Muin (2017)
China	Farelo de trigo	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Substituições até 75% não prejudicaram o desempenho de crescimento e utilização de nutrientes. A substituição total prejudicou o crescimento. Níveis de 50% são recomendáveis, pois reduziram a carga de nitrito e fosforo na água.	Wang et al. (2017)
África do sul	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Pode substituir a farinha de peixe em níveis de 25% a 75% sem prejudicar o peso final, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, eficiência proteica e sobrevivência. Níveis de substituição não influenciaram negativamente na composição corporal.	Mustapha (2018)
Nigéria	Esterco de frango	Farinha de larva	<i>Oreochromis niloticus</i> Tilápia-do-nilo (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Peixes de dieta com 100% de substituição demonstraram maior peso final, similar taxa de crescimento e sobrevivência em relação ao grupo controle. Dieta com 100% de substituição não influenciou negativamente na composição corporal.	Mustapha e Kolawole (2019)

<sup>1</sup>Farinha de larva seca em estufa; <sup>2</sup>Farinha de larva seca ao sol; <sup>3</sup>Farinha de larva desengordurada seca em estufa; <sup>4</sup>Farinha de larva desengordurada seca ao sol. <sup>5</sup>CDA: coeficiente de digestibilidade aparente. Enzima antioxidante, CAT: Catalase. Enzima de biotransformação, GST: Glutadiona S-transferase. n.i. dado não informado.

## 8. Gafanhoto e grilo.

Gafanhotos (família Acrididae, Tettigoniidae e Pyrgomorphidae) e grilos (Gryllidae) são insetos da ordem Orthoptera (HEUZÉ et al. 2013) e são divididos em duas subordens: Ensifera e Caelifera, respectivamente (GALLO et al. 2002). São cosmopolitas, abundantes nas regiões tropicais e subtropicais. Também ocorrem em habitats frios, porém estão ausentes nas regiões polares (RAFAEL et al. 2012). Geralmente, os gafanhotos apresentam antenas curtas e grilos antenas longas (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011).

A coloração dos gafanhotos é dependente do tipo de ambiente, com adaptações para viverem em campos e florestas verdes ou secos e arenosos (CLOUTIER, 2015). Em relação aos grilos, a maioria possui cor escura variando do preto ao marrom, o comprimento corporal varia de 5 a 150 mm e possuem aparelho bucal mastigador. Produzem sons principalmente durante o período noturno. Uma característica comum de grilos e gafanhotos é o terceiro par de pernas que produz o salto (RAFAEL et al. 2012). Normalmente, a reprodução é sexuada e a maior parte das espécies é ovípara, mas existem espécies partenogênicas (capacidade de desenvolver o óvulo sem fecundação do gameta masculino). Os ovos em geral são cilíndricos e ligeiramente curvos ou achatados. Possuem coloração que varia entre o branco ao amarelo (RAFAEL et al. 2012).

O desenvolvimento é por hemimetabolia, ou seja, a metamorfose é parcial e as ninfas que eclodem dos ovos são semelhantes a um adulto, mas não possuem asas e os órgãos genitais são imaturos (GALLO et al. 2002). No entanto, no final de cada um dos cinco ou seis ínstares, a ninfa perde o esqueleto antigo e se torna maior. Dessa forma, as asas se desenvolvem como pequenas almofadas no tórax até a última muda para o estado adulto. O processo de desenvolvimento das ninfas do primeiro ínstar até adultos tem duração média de quatro a seis semanas e o acasalamento ocorrem geralmente no verão (RICHMAN, 1993).

Esse tipo de desenvolvimento é caracterizado como metamorfose incompleta, sem a fase de pupa. Dessa forma, o ciclo de vida possui as fases de ovo, ninfa e adulto (GALLO et al. 2002). O desenvolvimento dos grilos é considerado ideal em temperaturas de 30°C, com o ciclo podendo ser concluído em

oito semanas, mantendo-se um nível de umidade entre 50 - 70% (GALLO et al. 2002; CLOUTIER, 2015).

Os gafanhotos e grilos são considerados desfolhadores (em especial os gafanhotos Acridídeos). As espécies solitárias podem causar estragos pequenos, porém existem as migradoras que podem devastar alguns tipos de vegetação encontrada em seu caminho, causando as chamadas "nuvens de gafanhotos" (IMENES e IDE, 2002). Existem mais de 20.000 espécies de ortópteros em todo o mundo (CLOUTIER, 2015) e segundo Lecoq e Magalhães (1991), 43 espécies de grilos e gafanhotos podem causar danos em plantas cultivadas no Brasil (Tabela 34).

**Tabela 34.** Espécies de grilos e gafanhotos que podem causar danos em lavouras no Brasil.

FAMÍLIA	ESPÉCIES
Família Acrididae	<i>Rhammatocerus schistocercoides</i> (Rehn, 1906)
	<i>Rhammatocerus pictus</i> (Bruner, 1900)
	<i>Rhammatocerus brunneri</i> (Giglio-Tos, 1895)
	(syn. <i>Rhammatocerus conspersus</i> (Brunner 1904)
	<i>Dichroplus maculipennis</i> (Blanchard, 1851)
	<i>Dichroplus pratensis</i> (Bruner, 1900)
	<i>Dichroplus elongatus</i> (Giglio-Tos, 1894)
	<i>Dichroplus conspersus</i> (Bruner, 1900)
	<i>Dichroplus punctulatus</i> (Thunberg, 1824)
	<i>Schistocerca cancellata</i> (Serville, 1839)
<i>Schistocerca flavofasciata</i> (DeGeer, 1773)	
<i>Schistocerca pallens</i> (Thunberg, 1815).	
Família Romaleidae	<i>Chromacris speciosa</i> (Thunberg, 1824)
	<i>Prionolopha serrata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Tropidacris cristata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Tropidacris collaris</i> (Stoll, 1813)
Família Proscopiidae	<i>Corynorhynchus radula</i> (Klug, 1820)
	<i>Proscopia scabra</i> (Klug, 1820)
	<i>Stiphra robusta</i> (Mello-Leitão 1939) (Proscopiidae)
Família Ommexechidae	<i>Ommexecha virens</i> (Serville, 1831)

Fonte: Lecoq e Magalhães (1991).

Algumas espécies de gafanhotos são comestíveis e estima-se que 96 espécies de insetos sejam consumidas nas repúblicas centrais da África (HEUZÉ et al. 2013). Além disso, os gafanhotos jovens são considerados mais saborosos e as fêmeas ovígeras são ricas em proteínas (CLOUTIER, 2015). O grilo doméstico (*Acheta domestica*) é criado e consumido na Tailândia devido à sua textura (VAN HUIS et al. 2013), são altamente proteicos e, por isso, várias espécies de gafanhotos e grilos são consideradas fonte alternativa de proteína (HEUZÉ et al. 2013).

## 8.1. Valor nutricional da farinha de gafanhoto e farinha de grilo

Segundo Makkar et al. (2014), gafanhotos são ricos em proteínas bruta (50-67%) e possuem conteúdo de lipídeos variável de 5 a 20%). Da mesma maneira, grilos possuem altos níveis de proteína bruta (acima de 60%), com valores de 10-13% de lipídeos. Por isso, vários estudos foram realizados utilizando dietas experimentais para peixes com substituições da farinha de peixe em níveis de 0% a 100% por farinha de grilo ou gafanhoto (ALEGBELEYE et al. 2012; OLALEYE, 2015; TAUFEEK et al. 2016ab; TAUFEEK et al. 2018; GHOSH e MANDAL, 2019). Nos estudos foram avaliados parâmetros de crescimento, eficiência alimentar, coeficientes de digestibilidade de nutrientes, composição corporal e muscular dos peixes.

### 8.1.2. Composição aproximada da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

Grilos e gafanhotos são ricos em proteínas e apresentaram altos níveis de proteína bruta 61,50% (ALEGBELEYE et al. 2012) e 57,02% (TAUFEEK et al. 2018), respectivamente. Por outro lado, esses valores são menores quando comparado à farinha de peixe (arenque) (Tabela 35). No entanto, a composição corporal dos ortópteros é variável com níveis de proteína bruta entre 58,50% - 73,10% (BARROSO et al. 2014). A farinha do gafanhoto apresenta menor conteúdo de gordura bruta e cinzas, quando comparados com os resultados da farinha do grilo e farinha de peixe (arenque). Além disso, as farinhas do grilo e gafanhoto demonstraram, respectivamente, maiores quantidades de fibra e quitina em relação a farinha de peixe (arenque).

**Tabela 35:** Composição química da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

Nutriente	Alegbeleye et al. (2012)	Taufek et al. (2018)	NRC (2011)
	<sup>1</sup> Gafanhoto (adulto)	<sup>2</sup> Grilo (adulto)	Farinha de peixe
Matéria seca (%MS)	n.i.	95,18	92,00
Proteína bruta (%MS)	61,50	57,02	72,00
Gordura bruta (%MS)	6,87	13,90	8,40
Cinza (%MS)	4,30	4,83	10,40
Fibra bruta (%MS)	n.i.	9,21	0,60
Quitina (%MS)	9,35	n.i.	n.i.
ENN (%MS)	27,33	24,27	9,20
Energia (kcal.kg <sup>-1</sup> )	5206,84	n.i.	4340,00*

Nota: n.i. indica dado não informado. <sup>1</sup>*Zonocerus Variegatus*. <sup>2</sup>*Gryllus bimaculatus*. MS: Matéria seca. ENN: extrativo não nitrogenado. Farinha de peixe (como alimentação básica). \*Energia digestível para truta arco-íris

### 8.1.3. Composição de aminoácidos da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

As farinhas do gafanhoto e grilo são fontes de aminoácidos indispensáveis com valores de histidina, Isoleucina, leucina, treonina, triptofano e valina superiores à farinha de peixe (arenque) (Tabela 36). As deficiências de histidina, triptofano e treonina podem causar problemas oculares, modificações comportamentais em resposta ao estresse e agressividade, além de prejudicar a produção de muco em certas condições de estresse (NRC, 2011). Em relação à lisina, a farinha de grilo apresenta 5,14%, enquanto a farinha de peixe 7,30%. Os valores de metionina da farinha de gafanhoto e grilo são maiores e similar a farinha de peixe que apresentaram 2,30%, 2,02% e 2,20%, respectivamente.

**Tabela 36:** Composição de aminoácidos da proteína da farinha de farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque) (com base em matéria seca).

Aminoácidos (%)	Alegbeleye et al. (2012)	Taufek et al. (2018)	NRC (2011)
	<sup>1</sup> Gafanhoto (adulto)	<sup>2</sup> Grilo (Adulto)	Farinha de peixe
<b>Indispensáveis</b>			
Arginina	3,70	6,20	3,73
Histidina	1,90	2,20	1,53
Isoleucina	3,90	3,75	3,64
Leucina	5,60	6,70	4,46
Lisina	3,40	5,14	7,30
Metionina	2,30	2,02	2,20
Fenilalanina	2,30	4,00	2,68
Treonina	2,90	3,88	2,49
Triptofano	0,76	0,85	0,67
Valina	4,30	4,24	3,26
<b>Dispensáveis</b>			
Alanina	4,10	n.i.	n.i.
Glicina	4,70	n.i.	n.i.
Prolina	2,10	n.i.	n.i.
Tirosina	3,60	7,63	2,20
Cistina	0,50	2,02	0,74

Nota: n.i. indica dado não informado. <sup>1</sup>*Zonocerus Variegatus*. <sup>2</sup>*Gryllus bimaculatus*. Farinha de peixe (como alimentação básica). matéria seca 92,00% e proteína bruta 72,00%.

### 8.1.4. Composição de ácidos graxos da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e óleo de peixe de (arenque).

As farinhas de gafanhoto e grilo apresentaram altos níveis do ácido linoléico (18:2n-6) e maiores quantidades do ácido linolênico (18:3n-3), quando comparado com óleo de peixe (arenque) (Tabela 37). Por outro lado, a farinha de grilo e gafanhoto demonstraram níveis não detectáveis ou ausentes de EPA e DHA (BARROSO et al. 2014), o que poderia ser um problema quando da sua utilização

em dietas para peixes marinhos (SARGENT e TACON, 1999). No entanto, o perfil de ácidos graxos dos insetos é influenciado pelo tipo de alimentação (BARROSO et al. 2014).

**Tabela 37:** Composição de ácidos graxos saturados, mono insaturados e poli insaturados (% ácidos graxos totais) da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e óleo de peixe (arenque).

Ácidos graxos	Barroso et al. (2014)		NRC (2011)
	<sup>1</sup> Gafanhoto (adulto)	<sup>2</sup> Grilo (adulto)	Óleo de peixe
<b>Saturados(%)</b>			
Mirístico <b>14:0</b>	2,30	0,50	6,40
Pentadecílico <b>15:0</b>	n.a	n.a	n.a
Palmitico <b>16:0</b>	28,40	24,90	12,70
Heptadecanoico <b>17:0</b>	n.a	n.a	n.a
Esteárico <b>18:0</b>	5,80	8,80	0,90
Σ saturados	36,50	34,20	20,00
<b>Monoinsaturados (%)</b>			
Palmitoléico <b>16:1</b>	n.a	n.a	8,80
16:1 n7	2,50	0,90	n.a
Elaídico <b>18:1</b>	n.a	n.a	12,70
Oleico <b>18:1n-9</b>	45,30	20,40	n.a
Eicosenóico <b>20:1</b>	n.a	n.a	14,10
Erúxico <b>22:1n-9</b>	n.a	n.a	20,80
Σ monoinsaturados	47,80	21,30	56,40
<b>Polinsaturado (%)</b>			
Linoleico <b>18:2n-6</b>	11,20	41,40	1,10
α-Linolênico <b>18:3n-3</b>	4,70	1,80	0,60
γ-Linolênico <b>18:3n-6</b>	0,0	0,0	0,20
Estearidônico <b>18:4n-3</b>	0,0	0,0	1,70
Eicosapentaenoico <b>20:5n-3</b>	0,0	0,0	8,40
Araquidônico <b>20:4n-6</b>	0,0	0,0	0,30
Docosaexaenoico <b>22:6n-3</b>	0,0	0,0	4,90
Σ Polinsaturado	15,90	43,20	17,20

Nota: n.i. indica dado não informado. <sup>1</sup>*Locusta migratoria*. <sup>2</sup>*Acheta doméstica*.

### 8.1.5. Composição de minerais da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

A farinha de gafanhoto apresentou maior conteúdo de fósforo e manganês quando comparado com os valores da farinha de peixe (arenque) que demonstraram valores de 1,86%, 57,00 ppm, 1,17% e 4,80%, respectivamente (Tabela 38). Por outro lado, a farinha de grilo é fonte de manganês, zinco, cobre e apresentou bons níveis de ferro, quando comparado com a farinha de peixe. As deficiências de manganês, zinco e cobre podem prejudicar o crescimento e causar anomalias esqueléticas em peixes (NRC, 2011). Dessa forma, a suplementação da farinha de grilo nas dietas pode ser uma fonte alternativa desses minerais.

**Tabela 38:** Composição de minerais (base na matéria seca) das farinhas de gafanhoto, grilo e peixe de peixe (arenque).

Minerais	Ladeji et al. (2003)	Ghosh et al. (2017)	NRC (2011)
	<sup>1</sup> Gafanhoto (adulto)	<sup>2</sup> Grilo (adulto)	Farinha de peixe
Fósforo (%)	1,86	1,17	1,67
Potássio (%)	0,11	1,08	1,08
Cálcio (%)	0,12	0,24	2,20
Magnésio (%)	0,002	0,14	0,14
Sódio (%)	0,02	0,45	0,59
Selênio (ppm)	n.i.	n.i.	1,95
Manganês (ppm)	57,00	103,60	4,80
Ferro (ppm)	7,00	96,60	114,00
Zinco (ppm)	9,00	224,30	125,00
Cobre (ppm)	1,40	45,50	5,60

Nota: n.i. indica dado não informado. <sup>1</sup>*Zonocerus Variegatus*. <sup>2</sup>*Gryllus bimaculatus*. Farinha de arenque (como alimentação básica), 92% matéria seca.

### 8.1.6. Composição de vitaminas da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

A farinha de grilo é fonte de Vitamina A, B2, C e colina (Tabela 39). Na farinha de peixe a vitamina A é ausente, mostrando mais uma das vantagens do uso de farinha de gafanhoto e grilos, evitando-se deficiência dessa vitamina que em peixes pode causar deformidades esqueléticas, hemorragia e despigmentação da pele (NRC, 2011). Os níveis de ácido pantotênico da farinha do grilo (23,00 mg.kg<sup>-1</sup>) são superiores aos da farinha de peixe (arenque) (17,30 mg.kg<sup>-1</sup>). Em relação à farinha de gafanhoto, a quantidade de vitamina C foi 86,40 mg.kg<sup>-1</sup> e ausente na farinha de peixe (arenque).

**Tabela 39:** Composição de vitaminas (com base na matéria seca) da farinha de gafanhoto, farinha de grilo e farinha de peixe (arenque).

Vitamina	Banjo et al. (2006)	Finke (2002)	NRC (2011)
	<sup>1</sup> Gafanhoto (adulto)	<sup>2</sup> Grilo (adulto)	Farinha de peixe
A (IU.kg <sup>-1</sup> )	227,30	1000,00	n.i.
Tiamina B1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	0,40	0,40
Riboflavina B2 (mg.kg <sup>-1</sup> )	0,70	34,10	9,70
Piridoxina B6 (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	2,30	4,77
Cobalamina B12 (µg / kg <sup>-1</sup> )	n.i.	53,70	430,30
C (mg.kg <sup>-1</sup> )	86,40	30,00	n.i.
D3 (UI.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	256,00	n.i.
E (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	0,006	22,10
Biotina (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	0,17	0,49
K (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	n.i.	2,20
Ácido fólico (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	1,50	n.i.
Niacina (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	38,40	85,00
Ácido pantotênico (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	23,00	17,30
Colina (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	1519,00	5,26

Nota: n.i. indica dado não informado. <sup>1</sup>*Zonocerus Variegatus*. <sup>2</sup>*Gryllus bimaculatus*. Farinha de arenque (como alimentação básica), 92% matéria seca.

## **8.2. Uso da farinha de gafanhoto e farinha de grilo na alimentação de peixes.**

As farinhas de adultos de gafanhoto e grilo são ricas em proteína e lipídeos (BARROSO et al. 2014, MAKKAR et al. 2014) e foram utilizadas em testes alimentares com bagre africano (ALEGBELEYE et al. 2012, TAUFEEK et al. 2016ab, TAUFEEK et al. 2018), molinesia negra (GANGULY et al. 2014) e carpa indiana (GHOSH e MANDAL, 2019). Nesses estudos foram analisados parâmetros de crescimento, eficiência alimentar, composição corporal, digestibilidade de nutrientes parâmetros hematológicos e anti-oxidante. No total foram encontrados quatro artigos que utilizaram a farinha de gafanhoto e três com a farinha de grilo.

### **8.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de gafanhoto e farinha de grilo.**

Juvenis do bagre africano podem ser alimentados com dieta contendo até 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 13,10% do total da formulação) sem efeitos adversos no crescimento, eficiência alimentar e proteica (ALEGBELEYE et al. 2012) (Tabela 40). Dieta contendo 25% substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *Oxya fuscovittata* (que representou 15% do total da formulação) podem ser utilizadas para juvenis da molinesia negra sem alterações significativas no desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica (GANGULY et al. 2014). No estudo de OLALEYE (2015) dietas contendo níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto até 50% (que representou 15% do total da formulação) para juvenis do bagre africano não causou efeitos adversos no desempenho em crescimento e eficiência proteica.

Dietas contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* que representaram 35% (TAUFEEK et al. 2016a) e 30% (TAUFEEK et al. 2016b, 2018) do total da formulação para juvenis do bagre africano proporcionaram significativamente melhor desempenho em crescimento e eficiência alimentar. Por outro lado, dietas com níveis de substituição da farinha de peixe em 100% pela farinha do gafanhoto *Z. variegatus* para bagre africano (que

representou 34,65% do total da formulação) (ALEGBELEYE et al. 2012) prejudicou o peso final, a taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica.

Ganguly et al. (2014) também demonstraram redução da taxa de crescimento específico e taxa de conversão alimentar em molínia negra de dieta tratada com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *O. fuscovittata* (que representou 34,65% do total da formulação). Dieta para carpa indiana contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *O. hyla hyla* (que correspondeu a 30% do total da formulação) prejudicou o crescimento e a eficiência alimentar (GHOSH e MANDAL, 2019). Provavelmente, o conteúdo de quitina (OLALEYE, 2015) ou deficiência de lisina e metionina podem ter reduzido o desempenho em crescimento e aumentado a taxa de conversão alimentar (ALEGBELEYE et al. 2012).

A farinha de gafanhoto pode substituir a farinha em níveis até 50% nas dietas sem significativas alterações no desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica para peixes. No entanto, estes parâmetros são influenciados principalmente pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, conteúdo de quitina ou deficiência de lisina e metionina.

**Tabela 40:** Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela da farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

Espécie	Nível de substituição (%)	*PF (g) / ‡GP (min. e max.)	TCE (%/dia) (min. e max.)	TCA (g) (min. e max.)	TEP (min. e max.)	Referência
	0; 25; 50; 75 e 100 Gafanhoto	*5,75 <sup>B</sup> (25%); 4,05 (100%)	1,91 <sup>B</sup> (100%); 2,64 (25%)	1,46 <sup>A</sup> (25%); 1,91 (100%)	1,67 <sup>B</sup> (100%); 2,37 (25%)	Aleglebeye et al. (2012)
	0; 33; 50; 66 e 100 Gafanhoto	*53,90 <sup>B</sup> (100%); 71,75 (33%)	0,020 <sup>B</sup> (66%); 0,025 (33%)	1,90 <sup>B</sup> (0%); 2,32 (66%)	0,84 <sup>B</sup> (100%); 1,16 (33%)	Olaleye (2015)
<b>Clarias gariepinus</b> Bagre africano (junvenil)	0; 75 e 100 Grilo	‡19,20 <sup>B</sup> (0%); 35,70 (100%)	1,93 <sup>B</sup> (0%); 2,76 (100%)	1,17 <sup>A</sup> (100%); 1,58 (0%)	1,82 <sup>A</sup> (0%); 2,56 (100%)	Taufek et al. (2016a)
	0 e 30 Grilo	*88,34 <sup>B</sup> (0%); 102,34 (30%)	1,01 <sup>A</sup> (0%); 1,25 (30%)	1,68 <sup>B</sup> (30%); 2,23 (0%)	1,50 <sup>B</sup> (0%); 2,02 (30%)	Taufek et al. (2016b)
	0; 25; 50; 75 e 100 Grilo	*10,58 <sup>B</sup> (25%); 19,50 (100%)	1,24 <sup>B</sup> (25%); 2,32 (100%)	2,20 <sup>B</sup> (100%); 3,50 (0%)	1,11 <sup>B</sup> (0%); 1,69 (100%)	Taufek et al. (2018)
<b>Poecilia sphenopsis</b> Molinésia negra (junvenil)	0, 25, 50, 75 e 100 Gafanhoto	n.a	1,04 <sup>B</sup> (100%); 1,52 (25%)	1,14 <sup>B</sup> (25%); 2,21(100%)	1,13 <sup>B</sup> (100%); 15,97 (25%)	Ganguly et al. (2014)
<b>Labeo rohita</b> Carpa indiana (junvenil)	0; 17; 33; 50; 67; 83 e 100 Gafanhoto	*140,79 <sup>B</sup> (100%); 177,03 (50%)	0,36 <sup>B</sup> (100%); 0,44 (50%)	1,72 <sup>B</sup> (50%); 2,19 (67%)	1,36 <sup>B</sup> (67%); 1,74 (50%)	Ghosh e Mandal (2019)

\*PF: Peso final. ‡GP: Ganho de peso. TCE (%/dia): Taxa de crescimento específico. TCA: Taxa de conversão alimentar. TEP: Taxa de eficiência proteica. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição ou inclusã).

### 8.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

No estudo de Taufek et al. (2016b) com juvenis do bagre africano, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína, lipídeo, energia bruta e matéria seca de dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representou 30% do total da formulação) apresentaram significativamente maiores valores quando comparados com a dieta referência (30% de farinha de peixe). Ghosh e Mandal (2019) demonstraram resultado similar para o CDA da proteína de dieta com 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *O. hyla hyla* (que representou 15% do total da formulação) para carpa indiana. Por outro lado, no estudo de Alegbeleye et al. (2012) dieta para juvenis do bagre africano com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 34,65% do total da formulação) reduziu significativamente o CDA da proteína (Tabela 41). Provavelmente, o CDA da proteína em dietas com 100% de substituição foi prejudicado pelo conteúdo de quitina ou cinzas da farinha de gafanhoto (ALEGBELEYE et al. (2012).

A farinha do grilo pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas. Por outro lado, a farinha de gafanhoto pode substituir a farinha de peixe até 50% nas dietas sem efeitos adversos no CDA de nutrientes. No entanto, o coeficiente de digestibilidade é influenciado pelos seguintes fatores: conteúdo de quitina ou cinzas, nível de substituição ou espécie de peixe.

**Tabela 41:** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

Referência	Alegbeleye et al. (2012)	Taufek et al. (2016b)	Ghosh e Mandal (2019)
Espécie	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana (juvenil)
Nível de substituição (%)	0, 25, 50, 75 e 100	0 e 100	0; 17; 33; 50; 67; 83 e 100
Proteína bruta (min. e max.)	82,96 <sup>B</sup> (0%); 78,11 (100%)	78,22 <sup>B</sup> (0%); 81,21 (100%)	77,97 <sup>B</sup> (83%); 81,66 (50%)
Lipídeo (min. e max.)	82,24 <sup>A</sup> (0%); 72,40 (75%)	82,03 <sup>B</sup> (0%); 89,82 (100%)	n.i.
Matéria seca (min. e max.)	79,99 <sup>A</sup> (0%); 76,45 (100%)	62,26 <sup>B</sup> (0%); 73,97 (100%)	n.i.
Energia bruta (min. e max.)	n.i.	56,52 (0%); 64,42 (100%)	n.i.

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **8.3. Efeito do uso da farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo na composição corporal e qualidade dos peixes.**

#### **8.3.1. Composição de matéria seca corporal dos peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo.**

No estudo de Alegbeleye et al. (2012) dieta para juvenis do bagre africano contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto (que representou 13,10% do total da formulação) proporcionou aumento do conteúdo de matéria seca corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (30,99% de inclusão da farinha de peixe). Resultados semelhantes ao de Taufek et al. (2018) que encontraram significativamente maior conteúdo de matéria seca em juvenis da mesma espécie alimentados com dieta que substituiu em 75% a farinha de peixe pela farinha de grilo (que representou 22,5% do total da formulação). Dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *O. hyla hyla* (que representou 30% do total da formulação) não provocou alteração no teor de matéria seca corporal de juvenis da carpa indiana (GHOSH e MANDAL, 2019) (Tabela 42).

A farinha de gafanhoto ou grilo podem substituir a farinha de peixe em até 100% sem causar efeitos adversos no teor de de matéria seca. No entanto, esse parâmetro é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe ou nível de substituição.

#### **8.3.2. Composição de extrato etéreo corporal dos peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo.**

Dieta para juvenis do bagre africano contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representou 16,35% do total da formulação) podem ser utilizadas sem causar efeitos adversos no conteúdo de extrato etéreo corporal (TAUFEK et al. 2018). Diferentemente, dieta para juvenis de carpa indiana contendo 67% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *O. hyla hyla* (que representou 20% do total da formulação) reduziu significativamente o conteúdo de extrato etéreo corporal (GHOSH e MANDAL, 2019) (Tabela 42). Padrão similar foi demonstrado por Alegbeleye et al. (2012), para o conteúdo de extrato etéreo corporal de juvenis do bagre africano alimentados com

dieta contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 34,65% do total da formulação), quando comparados com os peixes da dieta controle (30,99% de farinha de peixe). Provavelmente, o conteúdo de extrato etéreo pode ter sido prejudicado pelo conteúdo de quitina, pois os autores demonstraram redução da digestibilidade do extrato etéreo com a inclusão da farinha do gafanhoto.

A farinha de grilo *G. bimaculatus* e gafanhoto *O. hyla hyla* podem substituir a farinha de peixe em 50% nas dietas sem prejudicar o teor de extrato etéreo corporal dos peixes. Mas, teor de extrato etéreo é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou conteúdo de quitina.

**Tabela 42:** Composição corporal de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dietas contendo farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Matéria seca (%)		Extrato etéreo (%)		Referência
		Corporal (min. e max.)		Corporal (min. e max.)		
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100 Grilo	92,00 <sup>B</sup> (0%); 97,69 (75%)		13,90 <sup>B</sup> (100%); 16,92 (50%)		Taufek et al. (2018)
	0, 25, 50,75 e 100 Gafanhoto	32,00 <sup>A</sup> (0%); 35,50 (25%)		4,76 <sup>B</sup> (100%); 6,27(0%)		Alegbeleye et al. (2012)
<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana (juvenil)	0; 17; 33; 50; 67; 83 e 100	21,02 (50%); 21,9 (100%)		4,62 <sup>B</sup> (67%); 4,92 (0%)		Ghosh e Mandal, 2019
	Gafanhoto					

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### 8.3.3. Composição de cinzas corporal dos peixes alimentados com farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

Dieta para juvenis do bagre africano contendo níveis de substituição da farinha de peixe em até 100% de pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representou 30% do total da formulação) não prejudicaram o conteúdo de cinzas corporal, quando comparados com os peixes da dieta controle (30% de farinha de peixe) (TAUFEK et al. 2018). Mesma tendência foi observada por Ghosh e Mandal (2019) com dietas contendo substituições da farinha de peixe até 100% pela farinha de gafanhoto *O. hyla hyla* (que representou 30% do total da formulação) não causaram efeitos adversos no teor de cinzas corporal dos juvenis da carpa indiana. Dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 34,65% do total da formulação) para juvenis do bagre

africano também não causou alteração significativa do teor de cinza corporal (ALEGBELEYE et al. 2012) (Tabela 43).

Dietas com níveis até 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo ou de gafanhoto podem ser utilizadas sem prejudicar o teor de cinzas corporal dos peixes.

### 8.3.4. Composição de proteína corporal dos peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

No estudo de Ghosh e Mandal (2019), dieta para juvenis de carpa indiana contendo 50% de substituição da farinha de peixe de inclusão de farinha de gafanhoto *O. hyla hyla* (que representou 15% do total da formulação) aumentou significativamente o conteúdo de proteína corporal, mas níveis até 100% não prejudicaram o teor de proteína corporal. Resultado semelhante para juvenis do bagre africano alimentados com dieta contendo 75% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representou 22,5% do total da formulação) (TAUFEK et al. 2018), mas níveis de 100% foram possíveis sem efeitos adversos na proteína corporal. Dietas com níveis até 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 34,65% do total da formulação) não prejudicaram o teor de proteína corporal dos juvenis de bagre africano (ALEGBELEYE et al. 2012) (Tabela 43).

As farinha de grilo ou gafanhoto podem substituir a farinha de peixe em níveis até 100% nas dietas sem afetar negativamente a composição corporal de proteína.

**Tabela 43:** Composição corporal de cinzas e proteína de peixes alimentados com dietas contendo farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

Espécie	Nível de substituição (%)	Cinza (%)	Proteína bruta (%)	Referência
		Corporal (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	
<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100 Grilo	7,69 <sup>B</sup> (0%); 25,29 (100%)	46,34 <sup>B</sup> (0%); 48,88 (75%)	Taufek et al. (2018)
	0, 25, 50, 75 e 100 Gafanhoto	2,37 <sup>A</sup> (100%); 2,92 (0%)	5,69 <sup>A</sup> (50%); 17,95 (100%)	Alegbeleye et al. (2012)
<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana (juvenil)	0; 17; 33; 50; 67; 83 e 100 Gafanhoto	3,24 <sup>B</sup> (0%); 3,68 (83%)	15,94 <sup>B</sup> (0%); 16,41 (50%)	Ghosh e Mandal (2019)

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup>diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível substituição).

### **8.3.5. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de gafanhoto e farinha de grilo.**

Com objetivo de analisar o efeito da inclusão de farinha de grilo *G. bimaculatus* nos parâmetros hematológicos e antioxidantes em juvenis de bagre africano, Taufek et al. (2016a) testaram três dietas contendo 0%, 75% e 100% de substituição da farinha de peixe. Os autores destacaram que peixes das dietas com 75% e 100% de substituição (que representaram 26,25% e 35% do total das formulações) demonstraram maiores valores de hematócrito, hemoglobina e menor quantidade de glóbulos brancos, quando comparados com os peixes da dieta controle (35% de inclusão da farinha de peixe). Esses resultados sugeriram que peixes das dietas com farinha de grilo apresentaram melhores condições de saúde. Os autores também demonstraram melhora na condição antioxidante (aumento da atividade de superóxido dismutase e catalase) e detoxificante (maior atividade da glutathione S-transferase) em peixes da dieta com 75% e 100% substituição da farinha de peixe.

A farinha do grilo pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas sem causar efeitos negativos nas características imunológicas e fisiológicas. No entanto, esses parâmetros são influenciadas pelo nível de substituição.

### **8.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a farinha de farinha de gafanhoto e farinha de grilo.**

Dieta para juvenis de bagre africano contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *Z. variegatus* (que representou 13,10% do total da formulação) resultou em melhor desempenho em crescimento e eficiência alimentar (ALEGLEBEYE et al. 2012). Para essa mesma espécie, dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe de inclusão da farinha de gafanhoto (que representou 15% do total da formulação), não causou alterações nos resultados de peso final, taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica (Olaleye, 2015).

Similarmente, dieta para juvenis de molinesia negra contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha do gafanhoto *O. fuscovittata* (que

representou 30% do total da formulação) não prejudicou os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar e o número de descendentes por fêmea (GANGULY et al. 2014). Mesmo padrão foi demonstrado por Ghosh e Mandal (2019) quando com dieta contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de gafanhoto (que representou 15% do total da formulação) para juvenis de carpa indiana que não causou efeitos adversos no crescimento, utilização alimentar, retenção de nutrientes (proteína, lipídeo e cinzas) e na digestibilidade da proteína.

No estudo de Taufek et al. (2016a), dietas para juvenis do bagre africano contendo 75% e 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representaram 26,25% e 35% do total das formulações) não prejudicaram o peso final, taxa de crescimento, taxa de conversão alimentar, eficiência proteica e parâmetros hematológicos (hemoglobina e hematócrito) quando comparadas com os peixes da dieta controle (30% de inclusão da farinha de peixe). Nesse estudo, os autores observaram aumento da atividade de enzimas do processo antioxidante e biotransformação (CAT, SOD e GST) no fígado de peixes alimentados com dietas 75% e 100% de substituição. No estudo de Taufek et al. (2016b), a dieta contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representou 35% do total da formulação) para bagre africano aumentou significativamente os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, lipídeo, matéria seca e energia, quando comparados com os resultados da dieta controle (30% de farinha de peixe).

Taufek et al. (2018) destacaram que dietas contendo 75% e 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de grilo *G. bimaculatus* (que representaram 22,5% e 30% do total das formulações) para juvenis do bagre africano proporcionaram melhores resultados de crescimento, eficiência alimentar e maior conteúdo de proteína corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (30% de inclusão da farinha de peixe).

**Tabela 44:** Desempenho de peixes alimentados com farinha de gafanhoto e farinha de grilo.

País	Processamento / utilização	Espécie	Nível de substituição (%)	Resultado	Referência
Malásia	Secos estufa e moídos	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100 Grilo ( <i>Gryllus bimaculatus</i> )	Substituições de 50% a 100% foram possíveis sem prejudicar o peso final, taxa de crescimento, taxa de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. Melhor desempenho foi observado em peixes das dietas 75% e 100%. O conteúdo de proteína corporal aumentou com a inclusão da farinha do grilo.	Taufek et al. (2018)
Malásia	Secos estufa e moídos	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 75 e 100 Grilo ( <i>Gryllus bimaculatus</i> )	Pode substituir a farinha de peixe em 75% e 100% sem prejudicar o desempenho de crescimento e utilização alimentar. Dietas com farinha de inseto não prejudicaram os parâmetros hematológicos e melhoraram a resposta antioxidante no fígado (aumento da SOD, CAT e GST).	Taufek et al. (2016a)
Malásia	Secos estufa e moídos	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0 e 100 Grilo ( <i>Gryllus bimaculatus</i> )	Dieta com 100% de substituição da farinha de peixe demonstrou maior coeficiente de digestibilidade aparente da proteína, lipídeo, matéria seca e energia. Pode substituir a farinha de peixe em 100% sem prejudicar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar.	Taufek et al. (2016b)
Nigéria	Secos ao sol e moídos	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0; 33; 50; 66 e 100 Gafanhoto	Substituições de 50% não prejudicaram o peso final, taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar e taxa de eficiência proteica. Melhor desempenho em crescimento e eficiência alimentar em peixes da dieta 33,33%.	Olaleye (2015)
Malásia	Secos ao sol e moídos	<i>Clarias gariepinus</i> Bagre africano (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100 Gafanhoto ( <i>Zonocerus variegatus</i> )	Melhor desempenho em crescimento e eficiência alimentar com peixes alimentados com dieta contendo 25% de substituição. Nível de 100% prejudicou o peso final, taxa de crescimento e digestibilidade de nutrientes (proteína e lipídeo).	Alegbeleye et al. (2012)
México	Farinha	<i>Poecilia sphenops</i> Molinesia negra (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100 Gafanhoto ( <i>Oxya fuscovittata</i> )	Pode substituir a farinha de peixe em até 50% sem prejudicar a taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar, taxa de eficiência proteica e fertilidade das fêmeas.	Ganguly et al. (2014)
Itália	Secos estufa e moídos	<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana (juvenil)	0; 17; 33; 50; 67; 83 e 100 Gafanhoto ( <i>Oxya hyla hyla</i> )	Substituições até 50% foram possíveis sem prejudicar os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar, retenção de nutrientes, composição corporal (proteína, lipídeo, cinzas e matéria seca) e o coeficiente de digestibilidade da proteína.	Ghosh e Mandal (2019)

Enzimas antioxidante: Superóxido dismutase (SOD) e Catalase (CAT). Enzima do processo biotransformação: Glutadiona S-transferase (GST).

## 9. Bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

O bicho-da-seda pertence à Ordem Lepidoptera e à Família Bombycidae (GALLO et al. 2002). Existem mais de 500 espécies de bicho-da-seda em estado selvagem. Porém na produção comercial da seda são utilizadas as espécies de bicho-da-seda Seda tasar ou tussah, Seda tasar de carvalho, Seda eri e Seda muga e a que se tornou o inseto mais domesticado mundialmente a *B. mori* (Linnaeus, 1758), conhecido como bicho-da-seda da amoreira (AZEVEDO et al. 2015). Esta espécie é responsável por cerca de 95% da produção mundial da seda proveniente da China (GALLO et al. 2002).

O bicho-da-seda é um inseto holometábolo (metamorfose completa), com ciclo biológico tendo quatro estágios distintos: ovo, lagarta (larva), pupa (crisálida) e adultos (mariposa) (TRIPLEHORN e JOHNSON, 2011). A mariposa tem coloração branca, não voa, não se alimenta e vive exclusivamente de reservas por aproximadamente 10-15 dias (TAKAHASHI et al. 2001). Após o acasalamento as fêmeas fazem uma postura de 300 á 400 ovos. Depois da postura os ovos fecundados passam pelas cores amarelo pálido, rosado, alaranjado e por último cinzento. São geralmente revestidos por uma substância mucilaginosa protetora (GALLO et al. 2002).

As larvas ao eclodir medem aproximadamente três milímetros e pesam 0,4 miligramas. O corpo é coberto de pelos escuros que são perdidos conforme as larvas vão crescendo e adquirindo uma coloração branco-leitosa. Alimenta-se 24 horas por dia com pequenas pausas, que acontecem entre um ínstar e outro. No total, as lagartas passam por cinco ínstars e quatro ecdises do exoesqueleto. Ao final do quinto ínstar, as lagartas medem de 8-9 centímetros e pesam aproximadamente 4,5 gramas. Nesta fase, a lagarta é chamada vulgarmente de “lagarta madura” e deixa de se alimentar para iniciar a confecção do casulo, expelindo todo o resíduo alimentar para evitar resíduo dentro do casulo (TAKAHASHI et al. 2001). A larva dentro do casulo sofre metamorfose, transforma-se em pupa e depois em mariposa (HOLANDA et al. 2004). De acordo com Santos et al. (2011), o tempo necessário para realização da metamorfose completa é de aproximadamente trinta a quarenta dias e requer cuidados com a temperatura e umidade (Tabela 45).

**Tabela 45.** Ciclo de vida do Bicho-da-seda (*Bombyx mori*).

Fases do Ciclo	Dias de duração	Temperatura (°C)	Umidade (%)
Ovos (hibernação), eclosão.	10 - 11	24 a 25	80 a 85
1º ínstar	3 - 4	26 a 28	85 a 90
2º ínstar	2 - 3	25 a 27	80 a 85
3º ínstar	3 - 4	24 a 25	75 a 80
4º ínstar	4 - 6	23 a 24	75
5º ínstar	6 - 8	20 a 24	70
Encasulamento	3 - 4	15 a 25	60 a 70
Pupa	10 - 12	15 a 25	60 a 70
Mariposa	10 - 15	15 a 30	60 a 70

Adaptado de Santos et al. (2011).

A criação do bicho-da-seda (sericicultura) ocupara um lugar importante na economia nacional da China (ZHANG et al. 2008). No Brasil foram produzidas 2,8 mil toneladas de casulos de bicho-da-seda em 2016, ficando em quinto lugar na produção mundial (IBGE, 2018). A utilização dos produtos e subprodutos da sericicultura são muito amplos e vai além da fabricação da seda a exemplo da utilização na medicina chinesa tradicional (ZHANG et al. 2008) e terapêuticas (JOSEPH e RAJ, 2012). Os resíduos de pupas e cama de bicho-da-seda podem ser utilizados na produção de biopesticidas (PATIL et al. 2013). A farinha de pupa de bicho-da-seda é um ingrediente alimentar rico em proteínas. Além disso, as larvas do bicho-da-seda possuem minerais com quantidades satisfatórias de fósforo, magnésio, sódio, potássio e cloreto (FINKE, 2002).

## **9.1. Valor nutricional da pupa de bicho-da-seda.**

### **9.1.2. Composição aproximada da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).**

A farinha da pupa de bicho da seda é rica em proteína e tem alto valor biológico (MAKKAR et al. 2014) com valor de 67,54% de proteína bruta (KIM et al. 2016), similar à farinha de peixe (72,00%). Ingredientes proteicos (> 35% proteína bruta) são selecionados para compor as rações com a finalidade de fornecer proteína e/ou aminoácidos essenciais (NRC, 2011). Por isso, a farinha de pupa de bicho-da-seda foi usada em dietas para peixes (AKIYAMA et al. 1984; XU et al. 2018). O conteúdo de gordura bruta da pupa de bicho-da-seda foi 4,75%, valor menor em relação a farinha de peixe (Tabela 46). Padrão semelhante para os valores de cinzas, sendo que a pupa de bicho-da-seda apresenta menor valor

quando comparado com a farinha de peixe. De acordo com Barroso et al. (2014), insetos possuem menor quantidade de cinzas que a farinha de peixe.

**Tabela 46.** Composição química da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).

Nutriente	Kim et al. (2016)	NRC (2011)
	Bicho-da-seda	Farinha de peixe
<b>Matéria Seca (%MS)</b>	94,06	92,00
<b>Proteína bruta (%MS)</b>	67,54	72,00
<b>Gordura bruta (%MS)</b>	4,75	8,40
<b>Cinzas (%MS)</b>	9,54	10,40
<b>Fibra bruta (%MS)</b>	9,54	0,60
<b>ENN (%MS)</b>	2,69	0,60

Nota: n.i. indica dado não informado. ENN: extrativo não nitrogenado. MS: Matéria seca.

### 9.1.3. Composição de aminoácidos da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).

A farinha da pupa de bicho-da-seda é fonte de aminoácidos indispensáveis tais como fenilalanina, histidina e treonina que apresentaram maiores valores que a farinha de peixe. As deficiências desses aminoácidos nas dietas para peixes podem influenciar na produção de neurotransmissores (dopamina) e da histamina, que têm importante função na resposta imune (NRC, 2011). Os níveis de arginina, leucina, metionina e valina da pupa de bicho-da-seda foram similares aos valores da farinha de peixe (arenque). Porém, a quantidade de lisina da pupa de bicho-da-seda é menor em relação à farinha de peixe (arenque) (Tabela 47). No entanto, alguns insetos são ricos em triptofano, treonina e o teor de lisina é variável (5,31%-7,72%) na pupa de bicho-da-seda (RUMPOLD e SCHLÜTER, 2013).

**Tabela 47.** Composição de aminoácidos da proteína da pupa de bicho-da-seda e da farinha de peixe (arenque).

Aminoácido (%)	Rahimnejad et al. (2019)	NRC (2011)
	Bicho-da-seda	Farinha de peixe
<b>Indispensáveis</b>		
Arginina	2,94	3,73
Fenilalanina	4,17	2,68
Histidina	1,86	1,53
Isoleucina	2,23	3,64
Leucina	3,90	4,46
Lisina	3,92	7,30
Metionina	2,08	2,20
Treonina	2,67	2,49
Triptofano	n.i.	0,67
Valina	3,12	3,26
<b>Dispensáveis</b>		
Ácido glutâmico	7,17	n.i.
Alanina	2,77	n.i.
Aspargina	6,25	n.i.
Prolina	2,60	n.i.
Serina	2,55	n.i.
Tirosina	3,76	2,20
Cistina	0,57	0,74
Glicina	3,10	n.i.

Nota: n.i. indica dado não informado.

#### **9.1.4. Composição dos ácidos graxos dos lipídeos da pupa de bicho-da-seda e do óleo de peixe (arenque).**

A farinha de pupa de bicho-da-seda é rica em ácidos graxos palmítico e esteárico com valores superiores aos do óleo de peixe (arenque) (Tabela 48). A pupa de bicho-da-seda demonstra altos níveis de ácidos graxos polinsaturados linoléico (18:2n-6) e linolênico (18:3n-3), valores estes maiores quando comparados com os encontrados no óleo de peixe (arenque). Os ácidos linoléico e linolênico são importantes para peixes de água doce, pois possuem a capacidade de convertê-los em ácidos mais insaturados e biologicamente importantes (SARGENT et al. 1993; BARROSO et al. 2014).

**Tabela 48.** Composição de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados (% ácidos graxos totais) da pupa de bicho-da-seda e óleo de peixe (arenque).

Ácido graxo	Usub et al. (2008)	NRC (2011)
	Bicho-da-seda	Farinha de peixe
<b>Saturados (%)</b>		
Láurico 12:0	0,10	n.i.
Mirístico 14:0	0,10	6,40
Palmítico 16:0	17,00	12,70
Margaríco 17:0	0,20	n.i.
Esteárico 18:0	6,20	0,90
Araquídico 20:0	0,40	n.i.
Σ Saturados	24,00	20,00
<b>Monoinsaturados (%)</b>		
Palmitoléico 16:1	0,60	8,80
Elaídico 18:1	20,40	12,70
Gadoleico 20:1	0,10	14,10
Erúcico 22:1	n.i.	20,80
Σ Monoinsaturado	21,20	56,40
<b>Polinsaturado (%)</b>		
Linoléico 18:2n-6	8,80	1,10
α-Linolênico 18:3n-3	45,60	0,60
γ-Linolênico 18:3n-6	n.i.	0,20
Estearidônico 18:4n-3	n.i.	1,70
γ-linolênico 20:3n-6	0,10	n.i.
Araquidônico 20:4n-6	0,10	0,30
Eicosapentaenoico 20:5n-3	n.i.	8,40
Docosaexaenoico 22:6n-3	n.i.	4,90
Σ Polinsaturado	54,60	17,20

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 9.1.5. Composição de vitaminas da pupa de bicho-da-seda e da farinha de peixe (arenque).

A pupa de bicho-da-seda é fonte de vitaminas B1 e B2 com valores superiores aos verificados na farinha de peixe (Tabela 49). O conteúdo de niacina da pupa de bicho-da-seda foi menor quando comparado com o valor da farinha de peixe. Não obstante, a composição de micronutrientes dos insetos é influenciada pela localização geográfica, tipo de dieta e a sazonalidade (PAYNE et al. 2016).

**Tabela 49.** Composição de vitaminas (base na matéria seca) da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).

Vitamina	Payne et al. (2016)	NRC (2011)
	Bicho-da-Seda	Farinha de peixe
Tiamina B1 (mg.kg <sup>-1</sup> )	1,20	0,40
Riboflavina B2 (mg.kg <sup>-1</sup> )	10,5	9,70
Niacina B3 (mg.kg <sup>-1</sup> )	9,00	85,00
Piridoxina B6 (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	4,77
E (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	22,10
Ácido pantotênico (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	17,30
Biotina (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	0,49
Colina (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	5,26
B12 (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	430,00
Ácido fólico (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	0,30

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 9.1.6. Composição de minerais da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque)..

A farinha da pupa de bicho-da-seda é rica em minerais tais como manganês, cobre e zinco que demonstraram valores superiores, quando comparados com a farinha de peixe (Tabela 50). Segundo NRC (2011), deficiência de manganês, cobre e zinco em peixes pode provocar redução do crescimento, anomalias esqueléticas e catarata. Os níveis de potássio, magnésio e ferro apresentaram valores razoáveis quando comparados com a farinha de peixe.

**Tabela 50.** Composição de minerais da pupa de bicho-da-seda e farinha de peixe (arenque).

Mineral	Pereira et al. (2003)	NRC (2011)
	Bicho-da-Seda	Farinha de peixe
Cálcio (%)	0,18	2,20
Cloro (%)	n.i.	0,99
Enxofre (%)	n.i.	0,46
Fósforo (%)	n.i.	1,67
Magnésio (%)	0,09	0,14
Potássio (%)	0,48	1,08
Sódio (%)	0,03	0,59
Manganês (mg.kg <sup>-1</sup> )	23,00	4,80
Cobre (mg.kg <sup>-1</sup> )	15,20	5,60
Cromo (mg.kg <sup>-1</sup> )	2,53	n.i.
Ferro (mg.kg <sup>-1</sup> )	30,00	114,00
Selênio (mg.kg <sup>-1</sup> )	n.i.	1,95
Zinco (mg.kg <sup>-1</sup> )	244,00	125,00

Nota: n.i. indica dado não informado.

### 9.2. Uso da farinha de pupa de bicho-da-seda na alimentação de peixes.

Os primeiros estudos com pupa bicho-da-seda na nutrição de peixes foram desenvolvidos entre os anos 80 e 90 com: salmão *Oncorhynchus keta* (AKIYAMA et al. 1984), carpa comum *Cyprinus carpio* (NANDEESHA et al. 1990) e carpa indiana *Labeo rohita* (HOSSAIN et al. 1997). E partir dos anos 2000, a pupa de bicho-da-seda em dietas para peixes ganhou mais destaque na literatura (ZHOU et al. 2008; LEE et al. 2012; JI et al. 2015; SHAKOORI et al. 2016; GANGADHAR et al. 2017; WAN et al. 2017; ZHOU et al. 2017; XU et al. 2018). Estes estudos analisaram parâmetros de crescimento, eficiência alimentar e composição corporal. No total foram encontrados 12 estudos que testaram a farinha de pupa do bicho-da-seda.

### **9.2.1. Desempenho em peixes usando a farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Dieta para juvenis de carpa comum com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 30% do total da formulação) proporcionou maior peso final e taxa de crescimento específico. Esses resultados decorrem, provavelmente, dos promotores de crescimento e do conteúdo de gordura da pupa de bicho-da-seda (NANDEESHA et al. 1990). Wan et al. (2017) observaram mesma tendência para os parâmetros de crescimento e eficiência alimentar quando utilizaram juvenis de carpa espelho e dieta com 10,83% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa (que representou 13,39 % do total da formulação) (Tabela 51). Juvenis de carpa espelho podem ser alimentados com dietas contendo até 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda desengordurada e hidrolizada (que representou 5% do total da formulação) sem efeitos adversos no crescimento, eficiência alimentar e proteica (XU et al. 2018).

Juvenis de carpa espelho de dietas com níveis de substituição da farinha de peixe em 50%, 75% e 100% pela farinha de pupa do bicho-da-seda fermentada com farelo de trigo e farinha de colza (que representam 8%, 12% e 16% do total das formulações) demonstraram redução do desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica (ZHOU et al. 2017). Mesmo padrão foi demonstrado por Ji et al. (2015) que observaram menor ganho de peso, taxa de crescimento e taxa de eficiência proteica em juvenis de jian carpa de dietas com 60%, 70% e 80% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representaram 6,8%; 7,9% e 9% do total das formulações). Os autores destacaram que a baixa palatabilidade das dietas com 60% a 80% de substituição podem ter prejudicado a ingestão de dieta, e portanto o crescimento dos peixes.

A farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir a farinha de peixe em níveis até 100% nas dietas, sem efeitos adversos no desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica. No entanto, esses parâmetros são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, tipo de processamento ou palatabilidade da dieta.

**Tabela 51:** Desempenho de diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda.

Espécie	Nível de substituição/ (%)	*PF (g) / ‡GP (min. e max.)	TCE (%/dia) (min. e max.)	TCA (g) (min. e max.)	TEP (min. e max.)	Referência
<i>Oncorhynchus keta</i> Salmão (juvenil)	0 e 5	‡1,06 <sup>A</sup> (0%); 1,11 (5%)	n.i.	83,8 <sup>B</sup> (0%); 98,1 (5%)	n.i.	Akiyama et al. (1984)
<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum (juvenil)	0, 20, 40 e 100	*63,93 (20%); 79,40 (100%)	3,05 (20%); 3,20 (100%)	3,14 (0%); 3,38 (100%)	n.i.	Nandeeshia et al. (1990)
<i>Paralichthys olivaceus</i> “olive flounder” (juvenil)	0, 10 e 20	*51,90 (20%); 54,30 (10%)	3,03 (20%); 3,13 (10%)	n.i.	1,88 (20%); 1,96 (10%)	Lee et al. (2012)
<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	0, 50, 60, 70 e 80	*53,85 <sup>B</sup> (80%); 61,29 (0%)	2,10 <sup>B</sup> (80%); 2,32 (0%)	1,35 <sup>B</sup> (60%); 1,46 (80%)	0,126 <sup>B</sup> (80%); 0,151 (50%)	Ji et al. (2015)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-iris (juvenil)	0, 5, 10 e 15	‡12,40 <sup>B</sup> (5%); 14,50 (0%)	0,17 <sup>B</sup> (5%); 0,23 (0%)	0,82 <sup>B</sup> (0%); 0,90 (15%)	1,70 <sup>A</sup> (15%); 2,05 (5%)	Shakoori et al. (2016)
<i>Cyprinus carpio</i> Carpa espelho (juvenil)	0 e 10,83	48,89 <sup>B</sup> (0%); 55,25 (10,83%)	1,78 <sup>B</sup> (0%); 1,99 (10,83%)	1,68 <sup>B</sup> (10,83%); 1,92 (0%)	0,85 <sup>B</sup> (0%); 1,03 (10,83%)	Wan et al. (2017)
	0, 25, 50, 75 e 100	56,82 <sup>B</sup> (100%); 70,69 (0%)	3,04 <sup>B</sup> (100); 3,43 (0%)	1,36 <sup>B</sup> (0%); 1,63 (100)	1,68 (100%); 2,01 (0%)	Zhou et al. (2017)
	0, 25, 50, 75 e 100	*57,48 <sup>B</sup> (100%); 67,77 (50%)	2,32 <sup>B</sup> (100%); 2,57 (50%)	1,49 <sup>B</sup> (50%); 1,76 (100%)	1,65 <sup>B</sup> (100%); 2,00 (50%)	Xu et al. (2018)

\*PF: Peso final. ‡GP: Ganho de peso. TCE (%/dia): Taxa de crescimento específico. TCA: Taxa de conversão alimentar. TEP: Taxa de eficiência proteica. Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **9.2.2. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA%) de nutrientes registrados em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Dietas para juvenis de carpa “fringe-lipped” e carpa comum contendo níveis até 20% de substituição da torta de amendoim e farelo de arroz pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 20% do total da formulação) podem ser utilizadas sem efeitos adversos no CDA da proteína, lipídeo e extrativo não nitrogenado (GANGADHAR et al. 2017). Nandeesh et al. (1990) demonstraram aumento significativo dos CDAs da proteína e lipídeo de dietas com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 30% do total da formulação) para juvenis de carpa comum, quando comparados a dieta controle (25% de farinha de peixe). Esse resultado decorre da capacidade dos peixes em digerir a gordura da pupa de bicho-da-seda.

Hossain et al. (1997) observaram aumento significativo do CDA da proteína de dieta para juvenis de carpa indiana com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda (que representou 49,59% da formulação), quando comparado com a dieta controle (66,70% de inclusão da farinha de peixe). Nesse estudo, dieta com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha desengordurada da pupa de bicho-da-seda (que correspondeu a 42,04% do total da formulação) não prejudicou o CDAs da proteína e lipídeo. Apesar desses resultados, dieta para juvenis de “bluntnose black bream” contendo 29,87% de farinha da pupa reduziu o CDAs da proteína e energia (ZHOU et al. 2008) (Tabela 52). Os autores hipotetizaram que essa redução do CDA da proteína foi ocasionada pela menor capacidade da espécie em digerir ingredientes de origem animal e o CDA da energia pode ser influenciado pelo conteúdo de fibra.

A farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas sem prejudicar o CDA de nutrientes. No entanto, o coeficiente de digestibilidade é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou tipo de processamento.

**Tabela 52:** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) registrados para os nutrientes em diferentes espécies de peixes alimentados com dietas contendo a farinha de pupa de bicho-da-seda.

Referência	Gangadhar et al. (2017)		Nandeesh et al. (1990)	Hossain et al. (1997)		Zhou et al. (2008)
Espécie	<i>Labeo fimbriatus</i> Carpa "fringe-lipped"	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum	<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana		<i>Megalobrama amblycephala</i> "bluntnose black bream"
Fase de crescimento	juvenil	Juvenil	juvenil	juvenil		juvenil
<b>Nível de substituição (%)</b>	0, 10, 20, 30 e 40	0, 10, 20, 30 e 40	0, 20, 40 e 100	0 e 100		<b>0 e 29,80</b>
<b>Proteína bruta (%) (min. e max.)</b>	69,71 <sup>B</sup> (40%); 77,64 (20%)	72,49 <sup>B</sup> (40%); 78,67 (20%)	79,45 <sup>B</sup> (0%); 84,80 (40%)	80,23 <sup>B</sup> (0%)	85,21 (100%) 83,04 (100%)*	78,80 (29,80%); 91,00 (0%)
<b>Lípido (%) (min. e max.)</b>	85,52 <sup>B</sup> (0%); 95,28 (40%)	75,78 <sup>B</sup> (40%); 83,71 (20%)	78,76 <sup>B</sup> (0%); 88,90 (100%)	92,29 <sup>A</sup> (100%) 91,21 <sup>A</sup> (100%)*	93,08 (0%)	n.i.
<b>Matéria seca (%) (min. e max.)</b>	64,80 <sup>A</sup> (0%); 68,71 (20%)	60,19 <sup>B</sup> (40%); 66,89 (30%)	n.i.	n.i.		66,30 (29,80%); 72,90 (0%)
<b>ENN (%) (min. e max.)</b>	80,97 <sup>B</sup> (0%); 88,61 (40%)	81,93 <sup>A</sup> (10%); 84,95 (20%)	n.i.	n.i.		n.i.
<b>Energia (min. e max.)</b>	n. d	n. d	n.i.	n.i.		73,90 (29,80%); 89,30 (0%)

ENN: extrativo não nitrogenado. \*Farinha de pupa desengordurada. Nota: n.i. dado não informado. números em negrito significam nível de inclusão. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição).

### **9.3. Efeito do uso da farinha de pupa de bicho-da-seda na composição corporal e qualidade dos peixes.**

#### **9.3.1. Composição de matéria seca corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Shakoori et al. (2016) observaram que juvenis de truta arco-íris alimentados com dieta contendo 5% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda (representou 5% do total da formulação) aumentou o conteúdo de matéria seca corporal, quando comparados com os peixes da dieta controle (52,50% de inclusão da farinha de peixe). Dietas contendo níveis até 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda fermentada (com farinha de colza e farelo de trigo) para juvenis de carpa espelho (que representou 16% do total da formulação) não prejudicou o teor de matéria seca corporal ou muscular (ZHOU et al. 2017). Em juvenis de carpa espelho de dietas tratamento contendo níveis até 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda desengordurada e hidrolisada (que representou 10% do total da formulação) não demonstraram modificações significativas no conteúdo corporal ou muscular de matéria seca, quando comparados com os peixes das dieta controle (10% de farinha de peixe) (XU et al. 2018) (Tabela 53).

A farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas sem efeitos adversos no teor de matéria seca corporal ou muscular dos peixes. No entanto, o teor de matéria seca é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou tipo de processamento.

#### **9.3.2. Composição de extrato etéreo corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Dietas para juvenis de truta arco-íris contendo 15% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa do bicho-da-seda (que representou 15% do total da formulação) podem ser utilizadas sem prejudicar o conteúdo de extrato etéreo (SHAKOORI et al. 2016). No estudo de Zhou et al. (2017) juvenis de carpa espelho podem ser alimentados com dietas contendo níveis até 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada com farinha de

colza e farelo de trigo (que representou a 2,5% do total da formulação) sem efeitos adversos no conteúdo de extrato etéreo muscular ou corporal. Resultados similares foram demonstrados por Xu et al. (2018) para o conteúdo de extrato etéreo corporal e muscular de carpa comum alimentadas com dietas contendo níveis até 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda desengordurada e hidrolisada (que representou 10% do total da formulação).

No estudo de Lee et al. (2012) dieta contendo 20% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (representou 12% do total da formulação) para juvenis de “olive flounder” reduziu significativamente o conteúdo de extrato etéreo corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (60% de farinha de peixe). Similarmente, dieta contendo 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada (representou 16% do total da formulação) para carpa espelho reduziu significativamente o conteúdo do extrato etéreo corporal, quando comparados com os resultados da dieta controle (10% de farinha de peixe) (ZHOU et al. 2017) (Tabela 53). De acordo com os autores, o desbalanço na taxa de ácidos graxos saturados e insaturados dessa dieta pode ter prejudicado esse parâmetro.

A farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir totalmente a farinha de peixe nas dietas sem prejudicar o conteúdo de extrato etéreo corporal ou muscular dos peixes. No entanto, teor de extrato etéreo é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição, conteúdo de ácido graxo insaturado ou tipo de processamento.

**Tabela 53:** Composição corporal e muscular de matéria seca e extrato etéreo de peixes alimentados com dietas contendo pupa de bicho-da-seda.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Matéria seca (%)		Extrato etéreo (%)		Referência
		Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	
<i>Oncorhynchus keta</i> Salmão (juvenil)	0 e 5	21,10 (0%); 21,40 (5%)	n.i.	3,80 <sup>A</sup> (0%); 4,20 (5%)	n.i.	Akiyama et al. (1984)
<i>Paralichthys olivaceus</i> "Olive flounder" (juvenil)	0, 10 e 20	26,50 (20%); 27,10 (0%)	n.i.	3,10 <sup>B</sup> (20%); 4,40 (0%)	n.i.	Lee et al. (2012)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0, 5, 10 e 15	27,00 <sup>A</sup> (0%); 32,00 (5%)	n.i.	30,00 <sup>A</sup> (0%); 34,50 (15%)	n.i.	Shakoori et al. (2016)
<i>Cyprinus carpio</i> Carpa espelho (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	2,13 (100%); 2,43 (50%)	17,98 (75%); 20,38 (25%)	4,68 <sup>B</sup> (100%); 6,64 (0%)	0,37 <sup>B</sup> (75%); 0,68 (25%)	Zhou et al. (2017)
	0, 25, 50, 75 e 100	20,48 (100%); 21,57 (0%)	20,48 (100%); 21,57 (0%)	4,90 (50%); 5,50 (25%)	0,77 (75%); 1,31 (50%)	Xu et al. (2018)

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup> não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição ou inclusão).

### **9.3.3. Composição de cinzas corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.**

No estudo de Xu et al. (2018) dietas para juvenis de carpa espelho com níveis de substituição da farinha de peixe até 100% pela farinha de pupa de bicho-da-seda desengordurada e hidrolisada (que correspondeu a 10% do total da formulação) não prejudicaram o conteúdo de cinzas corporal e muscular. Juvenis de carpa espelho de dieta tratamento com substituições da farinha de peixe até 100% pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada com farinha de colza e farelo de trigo (que representou 16% do total da formulação) também não demonstraram diferenças estatísticas para o conteúdo de cinzas muscular ou corporal, quando comparado com os peixes da dieta controle (10% de farinha de peixe) (ZHOU et al. 2017). No estudo de Shakoori et al. (2016) dieta com substituição de 10% da farinha de peixe pela farinha de pupa do bicho-da-seda (que representou 10% do total da formulação) proporcionou aumento significativo no conteúdo de cinzas corporal, quando comparado com peixes do tratamento controle (52,50% de farinha de peixe) (Tabela 54). Por outro lado, níveis de substituição de 15% foram possíveis sem efeitos adversos no teor de cinzas corporal.

A farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir totalmente a farinha de peixe na dietas sem prejudicar o conteúdos de cinzas muscular ou corporal. No entanto, o teor de cinzas é influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou tipo de processamento.

### **9.3.4. Composição de proteína corporal e muscular dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Zhou et al. (2017) não observaram alterações estatisticamente significativas no teor de proteína corporal ou muscular dos juvenis de carpa espelho alimentados com dietas contendo níveis até 100% de substituição da farinha de peixe por uma mistura fermentada com a farinha de pupa de bicho-da-seda, farelo de arroz e farinha de colza (que representou 16% do total da formulação). Dietas com 20% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa do bicho-da-seda (que

representou 12% do total da formulação) para juvenis de “olive flounder” não demonstraram diferenças estatisticamente significativas nos conteúdos de proteína corporal, quando comparados com os peixes das dietas controle (LEE et al. 2012). No estudo de Xu et al. (2018) dietas para juvenis de carpa espelho contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha da pupa de bicho-da-seda (que representou 2,5% do total da formulação) proporcionou aumento significativo no conteúdo de proteína muscular, quando comparado com os peixes da dieta controle (10% de farinha de peixe) (Tabela 54). Nesse mesmo estudo, níveis de substituição da farinha de peixe até 100% foram possíveis sem efeitos adversos no teor de proteína corporal ou muscular dos peixes.

De maneira geral, a farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir a farinha de peixe em níveis até 100% nas dietas sem prejudicar os conteúdos de proteína corporal ou muscular dos peixes. Por outro lado, esse parâmetro é influenciado pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou tipo de processamento.

### **9.3.5. Composição de ácidos graxos dos peixes alimentados com farinha de pupa de bicho-da-seda.**

No estudo de Zhou et al. (2017) dietas para juvenis de carpa espelho contendo níveis de substituição da farinha de peixe até 100% pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 16% do total da formulação) não causaram aumento estatisticamente significativo nos conteúdos de ácidos graxos saturados (14:0 e 16:0), mas reduziram significativamente o conteúdo de EPA e DHA muscular dos peixes (Tabela 55). Portanto, níveis até 75% de substituição (que representou 12% do total da formulação) podem ser utilizados sem causar efeitos adversos no teor de EPA e DHA.

De acordo com Barroso et al. (2014), insetos possuem valores baixos ou ausentes de EPA/DHA. No entanto, a pupa do bicho-da-seda é rica em ácido alfa-linolênico (USUB et al. 2008), que pode ser um precursor de ácidos graxos mais insaturados e biologicamente mais importantes (SANCHÉZ e MUROZ et al 2016).

**Tabela 54:** Composição corporal e muscular de proteína e cinzas de peixes alimentados com dietas contendo farinha da pupa de bicho-da-seda.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição ou *inclusão (%)	Proteína bruta (%)		Cinza (%)		Referência
		Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	Corporal (min. e max.)	Muscular (min. e max.)	
<b><i>Oncorhynchus keta</i></b> Salmão (juvenil)	*0 e 5	14,80 <sup>A</sup> (5%); 14,90 (0%)	n.i.	2,00 <sup>A</sup> (0%); 2,00 (5%)	n.i.	Akiyama et al. (1984)
<b><i>Paralichthys olivaceus</i></b> "Olive flounder" (juvenil)	0, 10 e 20	18,00 (20%); 20,20 (0%)	n.i.	3,30 (10%); 3,80 (0%)	n.i.	Lee et al. (2012)
<b><i>Oncorhynchus mykiss</i></b> Truta arco-íris (juvenil)	0, 5, 10 e 15	78,50 <sup>A</sup> (5%); 80,00 (0%)	n.i.	10,50 <sup>B</sup> (0%); 12,10 (10%)	n.i.	Shakoori et al. (2016)
<b><i>Cyprinus carpio</i></b> Carpa espelho (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	13,50 (75%); 15,20 (0%)	17,48 (25%); 19,51 (75%)	2,53 (75%); 2,92 (100%)	1,02 (100%); 1,08 (0%)	Zhou et al. (2017)
<b><i>Cyprinus carpio</i></b> Carpa espelho (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	14,74 (100%); 15,52 (50%)	17,23 <sup>B</sup> (0%); 19,85 (25%)	3,04 (50%); 3,61 (75%)	2,24 (25%); 2,91 (50%)	Xu et al. (2018)

Nota: n.i. dado não informado. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de substituição ou inclusão).

**Tabela 55:** Composição de ácidos graxos corporal e muscular de peixes alimentados com dietas contendo farinha da pupa de bicho-da-seda.

Espécie (fase de crescimento)	Nível de substituição (%)	Muscular			Referência
		EPA (%) (min. e max.)	DHA (%) (min. e max.)	C18:2n-6 (%) (min. e max.)	
<b><i>Cyprinus carpio</i></b> Carpa espelho (juvenil)	0, 25, 50, 75 e 100	0,69 <sup>B</sup> (100%); 1,41 (0%)	5,85 <sup>B</sup> (100%); 8,48 (0%)	20,31 (50%); 21,77 (25%)	Zhou et al. (2017)

EPA: Ácido eicosapentaeóico (C20:5-n3). DHA: Ácido docosahexaenóico (C22:6-n3). C12:0: Ácido láurico. <sup>A</sup>não diferiram ( $p > 0,05$ ) e <sup>B</sup> diferiram ( $p \leq 0,05$ ) entre os valores mínimos e máximos apontados na tabela (entre parênteses nível de inclusão).

### **9.3.6. Alterações histológicas, imunológicas e fisiológicas ocasionadas pelo uso da farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Dietas para juvenis de “olive flounder” contendo substituições de 10% e 20% da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representaram 6% e 12% do total das formulações) não prejudicaram os parâmetros sanguíneos (proteína total, glucose, triglicerídeos, glutamato oxaloacetato transaminase e glutamato piruvato transaminase) (LEE et al. 2012). Similarmente, Wan et al. (2017) verificaram que dietas para carpa comum com substituição de 10,83% da farinha de peixe pela farinha de pupa (que representou 13,39% do total da formulação) não alterou os parâmetros hematológicos e imunológicos. Mas os níveis séricos de triglicerídeos e atividade hemolítica aumentaram em peixes da dieta 10,83%, comparados com os peixes da dieta controle (44,34% de farinha de peixe). Diferentemente, Zhou et al. (2017) demonstraram que os níveis séricos de glicerol, colesterol e LDL (lipoproteína de baixa intensidade) diminuíram em carpa espelho alimentadas com dietas contendo substituições da farinha pela farinha em 25%, 50%, 75% e 100% pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada com farinha de colza e farelo de trigo (que representaram 4%, 8%, 12% e 16% do total das formulações).

Ji et al. (2015) realizaram testes alimentares com jian carpa e dietas contendo níveis de 0%, 50%, 60%, 70% e 80% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada (que representaram 0; 5,7%; 6,8%; 7,9% e 9,0% do total das formulações). Os autores hipotetizaram que dietas contendo substituições de 60% - 80% induziu ao estresse oxidativo e peroxidação lipídica no fígado de peixes dessas dietas, pois demonstraram redução da atividade da SOD (superóxido dismutase) e aumento da MDA (malondialdeído). Os autores também observaram forma irregular dos hepatócitos e microvilosidades intestinais de jian carpa da dieta com 80% de substituição. Similarmente, os valores séricos de MDA e SOD foram reduzidos em carpa espelho alimentadas com dietas contendo 75% e 100% substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa fermentada (que representaram 12% e 16% do total da formulação) (ZHOU et al. 2017). De acordo com os autores, provavelmente esses resultados sugerem que peixes alimentados com essas dietas foram protegidos dos radicais livres pela

proteína e/ou peptídeos da pupa de bicho-da-seda. Esses resultados estão de acordo com os evidenciados por Xu et al. (2018), que demonstraram redução de enzimas antioxidantes (CAT, SOD) e aumento do baço em carpa espelho alimentadas com dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda desengordurada e hidrolisada. Além disso, também foi evidenciado aumento dos valores séricos da glicose e redução do colesterol em peixes das dietas com 25% e 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa (que representaram 2,5% e 5% do total das formulações), que demonstraram melhores condições das vilosidades intestinais.

Gangadhar et al. (2012) utilizaram dietas contendo níveis de 0%, 10%, 20%, 30% e 40% da inclusão da farinha de pupa de bicho-da-seda (que representaram 10%, 20%, 30% e 40% do total da formulação) com objetivo de verificar os efeitos na atividade de enzimas digestivas de carpa “fringe-lipped” e carpa comum. Os autores observaram um aumento até a inclusão de 20% e redução com valores maiores que 20% na atividade da protease em carpa “finger-lipped”, mas não em carpa comum. Além disso, houve redução da atividade da amilase com o aumento da inclusão em carpa “fringe-lipped”, mas esse padrão não se repetiu em carpa comum. Shakoori et al. (2015) utilizaram dietas experimentais para juvenis de truta arco-íris contendo 0%, 5%, 10% e 15% de inclusão da farinha de pupa de bicho-da-seda e evidenciaram aumento do número de glóbulos brancos com os níveis de inclusão. Além disso, peixes das dietas 10% e 15% de inclusão demonstraram menor número de hemácias, quando comparados com os peixes da dieta controle. De acordo com esses resultados, provavelmente, algum componente da pupa de bicho-da-seda estimulou a resposta imunológica e atuou como fator inibitório de algum órgão do sistema hematopoiético de truta arco-íris.

De maneira geral, a farinha de pupa do bicho-da-seda pode substituir ingredientes proteicos nas dietas em níveis até 50% sem causar efeitos adversos na histologia, parâmetros hematológicos, oxidativos e detoxificante. No entanto, esses parâmetros são influenciados pelos seguintes fatores: espécie de peixe, nível de substituição ou tipo de processamento.

#### **9.4. Descrição dos principais resultados da literatura para a farinha de pupa de bicho-da-seda.**

Dietas com 10% de substituição da farinha de peixe pela da farinha de pupa de bicho-da-seda não prejudicaram o peso final e a taxa de crescimento de juvenis de “olive flounder” (LEE et al 2012) e juvenis de truta arco-íris (SHAKOORI et al. 2016). Dietas contendo 10,83% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa (que representou 13,39% do total da formulação) podem ser utilizadas para juvenis de carpa espelho sem efeitos adversos no desempenho em crescimento (WAN et al. 2017).

A substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda com diferentes níveis e métodos de processamento foram possíveis em: 25% pela farinha de pupa fermentada que representou 4% do total da formulação (ZHOU et al. 2017), 50% desengordurada e hidrolisada que representou 5% do total da formulação (Xu et al. 2018) e 100% não desengordurada (representou 30% do total da formulação) (NANDEESHA et al. 1990), pois não prejudicaram o desempenho de crescimento e eficiência alimentar de carpa espelho e carpa comum.

Dietas para juvenis de carpa comum contendo substituições da farinha de peixe em 40 e 100% (que representam 20% e 30% do total das formulações) (NANDEESHA et al. 1990) e 20%-30% (que representam 20% e 30% do total das formulações) demonstraram maior digestibilidade da proteína e lipídeo (GANGADHAR et al. 2017). Similarmente, dietas para juvenis de carpa indiana com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa desengordurada ou não desengordurada (que representam 42,02% e 49,59% do total das formulações) aumentaram a digestibilidade da proteína (HOSSAIN et al. 1997).

A digestibilidade da proteína, matéria seca e energia foram menores em dieta com 29,80% inclusão da farinha de pupa de bicho-da-seda para juvenis de “bluntnose black bream” (ZHOU et al. 2008).

A substituição de 10% da farinha de peixe (que representou 6% do total da formulação) pela farinha de pupa de bicho-da-seda em dietas para juvenis de “olive flounder” não prejudicou a composição corporal (LEE et al. 2012). Mesmos padrões foram observados para as composições muscular e corporal de carpa espelho alimentadas com dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela

farinha de pupa-do-bicho-da-seda fermentada (que representou 4% do total da formulação) (ZHOU et al. 2017). Ji et al. (2015) também não observaram significantes alterações nos níveis de proteína, lipídeo e cinzas muscular de jian carpa de dieta tratamento contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 5,7% do total da formulação).

Dieta com 10% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 6% do total da formulação) para juvenis de “olive flounder” não prejudicou os parâmetros séricos de proteína, glucose, triglicerídeos, GOT (Glutamato oxaloacetato transaminase) e GPT (glutamato piruvato transaminase) (LEE et al. 2012). Resultados similares foram demonstrados por Wan et al. (2017) que não observaram alterações significativas nos parâmetros hematológicos de juvenis de carpa espelho de dieta tratamento com 10,83% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 13,39% do total da formulação), mas aumentou a resposta imunológica (melhora na atividade da hemólise). Ji et al. (2015) utilizando dieta experimental contendo 50% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda (que representou 5,7% do total da formulação) não alterou o status antioxidante de juvenis de jian carpa (Tabela 56).

Em carpa espelho, dieta com 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa de bicho-da-seda fermentada (que representou 4% do total da formulação) não alterou os valores bioquímicos séricos (glucose, proteína e colesterol) e estresse oxidativo (SOD e MDA) (ZHOU et al. 2017). A atividade antioxidante (catalase e superóxido dismutase) não foi prejudicada carpa espelho alimentadas com dieta contendo 25% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa desengordurada e hridrolizada (que correspondeu a 2,5% do total da formulação) (XU et al.+ 2018).

**Tabela 56: Desempenho de peixes alimentados com pupa de bicho-da-seda.**

País	Processamento/ utilização	Espécie	Nível de substituição ou inclusão (%)	Resultado	Referência
Japão	Farinha de pupa	<i>Oncorhynchus keta</i> Salmão (juvenil)	0 e 5	Dieta com 5% não prejudicaram o ganho de peso dos peixes e proporcionou melhor eficiência alimentar.	Akiyama et al. (1984)
Índia	n. d	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum (juvenil)	0; 20; 40 e 100	Peixes da dieta com 100% demonstraram maior peso final e taxa de crescimento específico. Dieta com farinha de pupa demonstrou maior CDA da proteína e lipídeo. Inclusões não prejudicaram as propriedades organolépticas do filé.	Nandeeshia et al. (1990)
Bangladesh	*Farinha de pupa desengordurada	<i>Labeo rohita</i> Carpa indiana (juvenil)	0 e 100 <b>*42,02 e 49,59</b>	Dietas com 100% de substituição da farinha de peixe pela farinha de pupa desengordurada ou não proporcionaram maiores CDA da proteína e não diferiram da dieta controle em relação ao CDA do lipídeo.	Hossain et al. (1997)
China	Farinha de pupa	<i>Megalobrama amblycephala</i> "Bluntnose black bream" (juvenil)	<b>FP29,80 e BS29,80</b>	Dietas com farinha de pupa demonstraram menor CDA da proteína, matéria seca e energia.	Zhou et al. (2008)
Coreia	Farinha de pupa	<i>Paralichthys olivaceus</i> "Olive flounder" (juvenil)	0; 10 e 20	Substituição de 10% não prejudicaram o peso final, taxa de crescimento específico, taxa de conversão alimentar, *índices bioquímicos séricos e composição corporal (matéria seca, proteína, lipídeo e cinzas).	Lee et al. (2012)
China	Farinha de pupa	<i>Cyprinus carpio</i> Jian carpa (juvenil)	0; 50; 60; 70 e 80	Pode substituir a farinha de peixe em 50% sem prejudicar o desempenho de crescimento, utilização alimentar, composição muscular, atividade antioxidante e proteinase intestinal.	Ji et al. (2015)
Iran	Farinha de pupa	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	<b>0; 5; 10 e 15</b>	Peixes das dietas 10% e 15% demonstraram menor número de hemácias. E os números de glóbulos brancos foram significativamente maiores nos peixes da dieta 15%.	Shakoori et al. (2015)
Iran	Farinha de pupa	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Truta arco-íris (juvenil)	0; 5; 10 e 15	Pode substituir a farinha de peixe em 10% sem prejudicar o ganho de peso, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e composição muscular (proteína, lipídeo, cinzas e matéria seca).	Shakoori et al. (2016)
Índia	Farinha de pupa	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa comum (juvenil)  <i>Labeo fimbriatus</i> Carpa "fringe-lipped" (juvenil)	0; 10; 20; 30 e 40	O CDA da proteína aumentou em dieta com 20% de inclusão para carpa "fringe-lipped", mas diminuiu em dieta contendo 40%. Além disso, o CDA da matéria seca e carboidrato foram maiores em dietas com 20% e 30% de inclusão. Em carpa comum os maiores CDA da matéria seca, proteína e lipídeo foram maiores em dietas 20% e 30% de inclusão.	Gangadhar et al. (2017)
Irlanda	Farinha de pupa	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa espelho (juvenil)	0 e 10,83	Dieta com 10,83% proporcionou melhor desempenho em crescimento, eficiência alimentar, não prejudicou os parâmetros hematológicos e melhorou a resposta imunológica (aumento da atividade da hemólise).	Wan et al. (2017)
China	<sup>1</sup> Mistura: farinha de pupa, de colza e farelo de trigo	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa espelho (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Substituição de 25% pode ser usada sem prejudicar os parâmetros de crescimento, eficiência alimentar, composição corporal e muscular, índices bioquímicos séricos e estresse oxidativo.	Zhou et al. (2017)
China	Farinha desengordurada e hidrolisada	<i>Cyprinus carpio</i> Carpa espelho (juvenil)	0; 25; 50; 75 e 100	Dieta com 25% melhorou a imunidade (aumentou <sup>†</sup> CAT e <sup>‡</sup> SOD) e a atividade de enzimas intestinais (lipase e tripsina). Pode substituir a farinha de peixe em 50% sem prejudicar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar.	Xu et al. (2018)

Nota: números em negrito significam nível de inclusão. n.d. não disponível. <sup>FP</sup> Farinha de peixe branco. <sup>BS</sup> Farinha de pupa de bicho-da-seda. CDA (Coeficiente de digestibilidade aparente). \*Proteína, glucose, triglicerídeos, Glutamato oxaloacetato transaminase (GOT) e glutamato piruvato transaminase (GPT). <sup>†</sup>CAT, catalase. <sup>‡</sup>SOD, superóxido dismutase. <sup>1</sup>Mistura fermentada com *Lactobacillus lactis*.

## **10. Síntese e considerações finais.**

A composição química dos insetos é variável, sendo influenciada pela espécie, estágio de desenvolvimento e substrato de criação. Os melhores resultados de proteína bruta são para farinha de pupa, enquanto farinha de larvas mostraram menor variação no teor de proteína bruta entre as fases de desenvolvimento, seguido de adultos. Algumas farinhas de insetos demonstraram ter bons níveis de metionina e outros aminoácidos essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, triptofano e valina), mas em alguns casos são deficientes em lisina e/ou metionina. De maneira geral, as farinhas de inseto mostraram adequados níveis de fósforo, também podem ser consideradas fonte de vitaminas e outros minerais. O perfil de ácidos graxos demonstra predomínio do ácido linoléico, ácido oléico e palmítico na composição corporal, com exceção da farinha de larva e pupa da mosca soldado-negra que apresentaram maior percentagem do ácido láurico. Os valores de EPA e DHA são baixos ou ausentes, mas podem ser modificados pela alimentação do inseto.

A farinha de pré-pupa, pupa, larva ou adulto de insetos pode substituir a farinha de peixe ou outras fontes de proteína em níveis até 25% sem efeitos adversos, podendo até em alguns casos, melhorar o desempenho em crescimento, eficiência alimentar e proteica dos peixes. Por outro lado, maiores níveis de substituição podem ser utilizados com a farinha de pupa, larva ou adulto de insetos sem alterações significativas nos parâmetros de crescimento, ingestão alimentar e eficiência proteica. No entanto, deve-se levar em consideração que diferentes fatores que podem influenciar no nível máximo de inclusão das farinhas de insetos.

No geral, os coeficientes de digestibilidade de nutrientes não foram prejudicados em dietas contendo níveis até 25% de substituição da farinha de peixe com farinhas de pupa, pré-pupa, larva ou adulto de insetos. No entanto, níveis de substituição até 100% com farinha de pupa, larva ou adulto foram possíveis sem causar efeitos adversos na digestibilidade. Por outro lado, em alguns casos a digestibilidade da proteína e lipídeo foram mais influenciadas pelo conteúdo de quitina, fibra ou cinzas das farinhas de inseto. Portanto, estudos abordando métodos de processamento devem ser realizados para melhorar a disponibilidade de nutrientes. Além disso, testes de digestibilidade devem utilizar diferentes

espécies visto que a maioria dos estudos utilizaram espécies ou variedades de carpa.

As farinhas de pré-pupa, larva ou adultos de insetos podem substituir a farinha de peixe ou outro ingrediente proteico nas dietas em níveis abaixo de 25% sem efeitos negativos nos teores de proteína, lipídeo, matéria seca, cinzas e composição de ácidos graxos corporal ou muscular dos peixes. Por outro lado, maiores substituições com farinhas de larvas criadas em meio contendo substratos de origem animal ou vegetal causaram aumento de ácidos graxos saturados e/ou redução de ácidos graxos altamente insaturados (EPA e DHA). Isto pode ser um problema devido a exigência do consumidor por carnes mais saudáveis. Portanto, mais estudos devem ser realizados utilizando diferentes substratos de criação com objetivo de aumentar apenas o conteúdo de EPA e DHA.

De maneira geral, as farinhas de insetos podem substituir a farinha de peixe em níveis até 50% sem alterar significativamente os parâmetros fisiológicos, histológicos e imunológicos. Mas, níveis até 100% com farinha de insetos adultos foram possíveis sem causar efeitos adversos nos parâmetros hematológicos, oxidativos ou anti-inflamatórios. No entanto, devido a grande variação dos resultados em diferentes estudos com a mesma espécie mais pesquisas devem ser realizadas com o objetivo de consolidar os resultados já encontrados.

Existe um limitado número de estudos que analisaram a composição de aminoácidos das dietas e novos estudos devem ser realizados para identificação da necessidade de suplementação de aminoácidos sintéticos. Além disso, outros estudos são necessários focando os custos relacionados a inclusão das farinhas de insetos, propriedades organolépticas, avaliações histológicas e comunidade de bactérias intestinais.

A farinha de larvas da mosca soldado negra é a espécie de inseto mais adequada para ser utilizada como fonte de nutrientes, vitaminas e minerais nas dietas para peixes. Devido aos resultados da literatura mais consistentes, espécie mais utilizada em escala industrial e qualidade nutricional.

## 11. Referências bibliográfica

- ABIMORAD, E. G.; SQUASSONI, G. H.; CARNEIRO, D. J. Apparent digestibility of protein, energy, and amino acids in some selected feed ingredients for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture nutrition**, v. 14, n. 4, p. 374-380, 2008.
- ABIMORAD, E. G; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1101-1109, 2004.
- AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., e PELICICE, F. M. **Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil**. Maringá: UEM, 2007.
- AgriProtein**. Our Products. Disponível em: <<https://agriprotein.com/our-products/>> Acesso em: 29 jul. 2019.
- AJANI, E. K.; NWANNA, L. C.; MUSA, B. O. Replacement of fishmeal with maggot meal in the diets of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **WORLD AQUACULTURE-BATON ROUGE**, p. 52-55, 2004.
- AKIYAMA, T., MURAI, T., HIRASAWA, Y., e NOSE, T. Supplementation of various meals to fish meal diet for chum salmon fry. **Aquaculture**, v. 37, n. 3, p. 217-222, 1984.
- ALEGBELEYE, W. O., OBASA, S. O., OLUDE, O. O., OTUBU, K., e JIMOH, W. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell. 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 43, n. 3, p. 412-420, 2012.
- ANIEBO, A. O., ERONDU, E. S., e OWEN, O. J. Replacement of fish meal with maggot meal in African catfish (*Clarias gariepinus*) diets. **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 9, n. 3, p. 666-671, 2009.
- ANTONOPOULOU, E., NIKOULI, E., PICCOLO, G., GASCO, L., GAI, F., CHATZIFOTIS, S., e KORMAS, K. A. Reshaping gut bacterial communities after dietary *Tenebrio molitor* larvae meal supplementation in three fish species. **Aquaculture**, v. 503, p. 628-635, 2019.
- ARANGO G., GLORIA P.; VERGARA RUIZ, R. A.; MEJÍA VÉLEZ, H. Analisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illuscens* L (Diptera: stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín**, v. 57, n. 2, 2004.
- AZEVEDO, J; MASCARENHAS, M. A. D.; MASCARENHAS, A. História da sericicultura em Portugal. Origem e utilização atual dos bichos-da-seda e da seda. in: Encontro de história da ciência no ensino, 1., 2015, Portugal. **Anais...Portugal: UTMA**, 2015.

- BANJO, A. D., LAWAL, O. A., SONGONUGA, E. A. The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigéria. **African journal of Biotechnology**, v.5, n. 3, p.298-30, 2006.
- BARROSO, F. G., DE HARO, C., SÁNCHEZ-MUROS, M. J., VENEGAS, E., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., e PÉREZ-BAÑÓN, C. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, v. 422, p. 193-201, 2014.
- BARRY, T. **Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*)**. University of North Texas, 2004.
- BELFORTI, M., GAI, F., LUSSIANA, C., RENNA, M., MALFATTO, V., ROTOLO, L., e GASCO, L. *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. Italian **Journal of Animal Science**, v.14, n. 4, p. 4170, 2015.
- BELGHIT, I., LILAND, N. S., GJESDAI, P., BIANCAROSA, I., MENCHETTI, E., Li, Y., e LOCK, E. J. Black soldier fly larvae meal can replace fish meal in diets of sea-water phase Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 503, p. 609-619, 2019b.
- BELGHIT, I., LILAND, N. S., WAAGBO, R., BIANCAROSA, I., PELUSIO, N., Li, Y., e LOCK, E. J. Potential of insect-based diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 491, p. 72-81, 2018.
- BELGHIT, I., WAAGBO, R., LOCK, E. J., e LILAND, N. S. Insect-based diets high in lauric acid reduce liver lipids in freshwater Atlantic salmon. **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 2, p. 343-357, 2019a.
- BELLUCO, S., LOSASSO, C., MAGGIOLETTI, M., ALONZI, C. C., PAOLETTI, M. RICCI, A. Edible insects in a food safety and nutritional perspective: a critical review. **Comprehensive reviews in food science and food safety**, v.12, n. 3, p.296-313, 2013.
- BERNARD, J. B., ALLEN, M. E., ULLREY, D. E. Feeding captive insectivorous animals: nutritional aspects of insects as food. Nutrition Advisory Group Handbook, **Fact Sheet**, v.3, p.1-7, 1997.
- BICHO BRASILEIRO, Ltda. Mercadorias. Disponível em: <<https://10956-br.all.biz/goods/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.
- BONDARI, K.; SHEPPARD, D. C. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. **Aquaculture**, v. 24, p. 103-109, 1981.
- BORGOGNO, M., DINNELLA, C., IACONISI, V., FUSI, R., SCARPALEGGIA, C., SCHIAVONE, A., e PARISI, G. Inclusion of *Hermetia illucens* larvae meal on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feed: effect on sensory profile according to static and dynamic evaluations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 10, p. 3402-3411, 2017.

Bratac - Fiação de Seda. Produtos. Disponível em: <<http://www.bratac.com.br/bratac/pt/index.php>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

BRITO, L. G., OLIVEIRA, M. D. S., GIGLIOTI, R., BARBIERI, F. D. S., SILVA NETO, F. G., CHAGAS, A. D. S., CELESTINO, O. D. O. **Manual de identificação, importância e manutenção de colônias estoque de dípteras de interesse veterinário em laboratório**. Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E), 2008.

BRUNI, L., PASTORELLI, R., VITI, C., GASCO, L., e PARISI, G. Characterisation of the intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with *Hermetia illucens* (black soldier fly) partially defatted larva meal as partial dietary protein source. **Aquaculture**, v. 487, p. 56-63, 2018.

BUKKENS, S. G. F. The nutritional value of edible insects. **Ecology of Food and Nutrition**, v. 36, n. 2-4, p. 287-319, 1997.

CALVERT, C. C., MARTIN, R. D., e MORGAN, N. O. House fly pupae as food for poultry. **Journal of Economic Entomology**, v. 62, n. 4, 1969.

CARUSO, D., DEVIC, E., SUBAMIA, I. W., TALAMOND, P., e BARAS, E. **Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens***, Stratiomyidae, 2014.

CHEN, XIAOMING; FENG, YING; CHEN, ZHIYONG. Common edible insects and their use in China. **Entomological research**, v.39, n. 5, p. 299-303, 2009.

ČIČKOVÁ, H., NEWTON, G. L., LACY, R. C., e KOZÁNEK, M. The use of fly larvae for organic waste treatment. **Waste management**, v.35, p.68-80, 2015.

CLOUTIER, J. **Edible insects in Africa: An introduction to finding, using and eating insects**, 2015.

COSTA-NETO, E. M. **Insetos como fontes de alimentos para o homem: Valoração de recursos considerados repugnantes**. Interciencia, v.28, n.3, p.136-140, 2003.

COSTA-NETO, E. M. Os insetos que ofendem: artropodoses na visão dos moradores da região da Serra da Jibóia, Bahia, Brasil. **Sitientibus série Ciências Biológicas**, v. 4, n. (1/2), p. 59-68, 2004.

DELGADO, C.; ROSEGRANT, M.; STEINFELD, H.; EHUI, S.; COURBOIS, C. Livestock to 2020: The next food revolution. **Outlook on Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 27-29, 2001.

DENG, J., MAI, K., AI, Q., ZHANG, W., WANG, X., XU, W., e LIUFU, Z. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 503-513, 2006.

DEVIC, E., LESCHEN, W., MURRAY, F., e LITTLE, D. C. Growth performance, feed utilization and body composition of advanced nursing Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Aquaculture nutrition**, v. 24, n. 1, p. 416-423, 2017.

DICLARO, J. W.; KAUFMAN, Phillip E.; II, J. W. D. **Black soldier fly *Hermetia illucens* Linnaeus (Insecta: Diptera: Stratiomyidae)**. Uf University of Florida IFAS Extension, p. 1-4, 2009.

DIENER, S., ZURBRÜGG, C., GUTIÉRREZ, F. R., NGUYEN, D. H., MOREL, A., KOOTTATEP, T., e TOCKNER, K. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. **Proceedings of the WasteSafe**, v. 2, p. 13-15, 2011.

DIETZ, C.; LIEBERT, F. Does graded substitution of soy protein concentrate by an insect meal respond on growth and N-utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)?. **Aquaculture Reports**, v. 12, p. 43-48, 2018.

DONG, G. F., YANG, Y. O., SONG, X. M., YU, L., ZHAO, T. T., HUANG, G. L., e ZHANG, J. L. Comparative effects of dietary supplementation with maggot meal and soybean meal in gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and darkbarbel catfish (*Pelteobagrus vachelli*): growth performance and antioxidant responses. **Aquaculture Nutrition**, v.19, n. 4, p.543-554, 2013.

DOS SANTOS, S. A.; VIDIGAL, P. G.; MERLINI, L. S. A criação do *Bombyx mori* (bicho-da-seda) e as principais doenças. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 14, n. 1, 2011

DUMAS, A., RAGGI, T., BARKHOUSE, J., LEWIS, E., e WELTZIEN, E. The oil fraction and partially defatted meal of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) affect differently growth performance, feed efficiency, nutrient deposition, blood glucose and lipid digestibility of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 492, p. 24-34, 2018.

DURST, P. B., e SHONO, K. **Forest insects as food: humans bite back**. RAP publication, 2010.

ĐORĐEVIĆ, M., BRANA, R. D., MARIJANA, V., BALTIĆ, M., RADISLAVA, T., LJILJANA, J., e RAJKOVIĆ, M. Effects of substitution of fish meal with fresh and dehydrated larvae of the house fly (*Musca domestica* L) on productive performance and health of broilers. **Acta Veterinaria**, v. 58, n. 4, 2008.

ELIA, A. C., CAPUCCHIO, M. T., CALDARONI, B., MAGARA, G., DÖRR, A. J. M., BIASATO, I., e GAI, F. Influence of *Hermetia illucens* meal dietary inclusion on the histological traits, gut mucin composition and the oxidative stress biomarkers in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 496, p. 50-57, 2018.

**Enterra**. Nossos produtos. Disponível em: <<http://enterrafeed.com/products/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

**Entobel.** Produtos. Disponível em: <<http://www.entobel.com/products/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

**Enviroflight.** Produtos. Disponível em: <<https://www.enviroflight.net/products>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

EZEWUDO, B. I., MONEBI, C. O., e UGWUMBA, A. A. A. Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. **AFRICAN JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH**, v. 10, n. 23, p. 2363-2371, 2015.

EZEWUDO, B. I.; MONEBI, C. O.; UGWUMBA, A. A. A. Production and utilization of *Musca domestica* maggots in the diet of *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fingerlings. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n. 23, p. 2363-2371, 2015.

**FAO. 2011.** World Livestock 2011 – Livestock in food security. Rome. 130 pp. 2011. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/i2373e/i2373e.pdf> > Acesso em: 17 jun. 2019.

**FAO. 2016.** The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome. 204p. 2016. Disponível em: < <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf> > Acesso em: 15 abr. 2019.

**FAO. 2018.** Aquicultura Newsletter. Rome. 66 pp.2018. Disponível em:< <http://www.fao.org/3/I9200EN/i9200en.pdf>> Acesso em: 15 abr. 2019.

FASAKIN, E. A.; BALOGUN, A. M.; AJAYI, O. O. Evaluation of full-fat and defatted maggot meals in the feeding of clariid catfish *Clarias gariepinus* fingerlings. **Aquaculture Research**. v.34, n. 9, p.733-738, 2003.

KUBITZA, F. Qualidade da Ração. **Panorama da AQÜICULTURA**, v.20, p.21, março, abril, 2010.

FINKE, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biology: **Published in affiliation with the American Zoo and Aquarium Association**, v. 21, n. 3, p. 269-285, 2002.

FINKE, Mark D. Complete nutrient content of four species of feeder insects. **Zoo biology**, v. 32, n. 1, p. 27-36, 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S; e OMOTO, C. Entomologia agrícola. **Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, v.10, Piracicaba: 2002.**

GANGADHAR, B., UMALATHA, H., GANESH, H., SAURABH, S., e SRIDHAR, N. Digestibility of dry matter and nutrients from three ingredients by the carps, *Labeo fimbriatus* (Bloch, 1795) and *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 with a note on digestive enzyme activity. **Indian Journal of Fisheries**, v. 64, n. 3, p. 75-84, 2017.

GANGULY, A., CHAKRAVORTY, R., SARKAR, A., MANDAL, D. K., HALDAR, P., RAMOS-ELORDUY, J., e MORENO, J. M. P. A preliminary study on *Oxya fuscovittata* (Marschall) as an alternative nutrient supplement in the diets of *Poecilia sphenops* (Valenciennes). **PloS one**, v. 9, n. 11, p. e111848, 2014.

GASCO, L., HENRY, M., PICCOLO, G., MARONO, S., GAI, F., RENNA, M., e CHATZIFOTIS, S. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 220, p. 34-45, 2016.

GATLIN III, D. M., BARROWS, F. T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T. G., HARDY, R. W., e OVERTURF, K. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture research**, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.

GERBER, P. J., STEINFELD, H., HENDERSON, B., MOTTET, A., OPIO, C., DIJKMAN, J., e TEMPIO, G. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and **Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 2013.

GHALY, A. E., ALKOAİK, F. N. The yellow mealworm as a novel source of protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 4, n. 4, p. 319-331, 2009.

GHOSH, S; MANDAL, D. K. Nutritional evaluation of a short-horned grasshopper, *Oxya hyla hyla* (Serville) meal as a substitute of fishmeal in the compound diets of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). **The Journal of Basic and Applied Zoology**, v. 80, n. 1, p. 28, 2019.

GHOSH, S., LEE, S. M., JUNG, C., e MEYER-ROCHOW, V. B. Nutritional composition of five commercial edible insects in South Korea. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 20, n. 2, p. 686-694, 2017.

GRACZYK, T. K., KNIGHT, R., GILMAN, R. H., e CRANFIELD, M. R. The role of non-biting flies in the epidemiology of human infectious diseases. **Microbes and infection**, v. 3, n. 3, p. 231-235, 2001.

GRIMALDI, D.; ENGEL, M. S. **Evolution of the insects**. New York: Cambridge University Press, 2005.

**Hebei Gaobeidian Shannong Biology Co., Ltd. Home**, Product Show. Disponível em: <[http://www.chinachong.net/chanpin/chan\\_e.asp](http://www.chinachong.net/chanpin/chan_e.asp)>. Acesso em: 29 jul. 2019.

HENRY, M. A., GAI, F., ENES, P., PERÉZ-JIMÉNEZ, A., e GASCO, L. Effect of partial dietary replacement of fishmeal by yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae meal on the innate immune response and intestinal antioxidant enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish e shellfish immunology**, v. 83, p. 308-313, 2018.

HENRY, M. A., GASCO, L., CHATZIFOTIS, S., e PICCOLO, G. Does dietary insect meal affect the fish immune system? The case of mealworm, *Tenebrio molitor* on European sea bass, *Dicentrarchus labrax*. **Developmental e Comparative Immunology**, v. 81, p. 204-209, 2018.

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

HEUZÉ V., TRAN G., 2016. **Locust meal, locusts, grasshoppers and crickets. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.** <<https://www.feedipedia.org/node/198>> Acesso em: 30 abr. 2019.

HIGUCHI, L. H. **Produção, caracterização nutricional e utilização de farinhas e óleos de resíduos de peixes neotropicais em dietas para Tilápia do Nilo.** 2015. 105p. Tese (Doutorado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2015.

HOLANDA, P., MATA, S., e LIMA, A. Propriedades físicas e secagem de casulos do bicho-da-seda em leito fixo: uma investigação teórica e experimental. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 2, p. 101-114, 2004.

HOSSAIN, M. A., NAHAR, N., e KAMAL, M. Nutrient digestibility coefficients of some plant and animal proteins for rohu (*Labeo rohita*). **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 37-45, 1997.

HUYBEN, D., VIDA KOVIĆ, A., HALLGREN, S. W., e LANGELAND, M. High-throughput sequencing of gut microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed larval and pre-pupae stages of black soldier fly (*Hermetia illucens*). **Aquaculture**, v. 500, p. 485-491, 2019

IACONISI, V., BONELLI, A., PUPINO, R., GAI, F., e PARISI, G. Mealworm as dietary protein source for rainbow trout: Body and fillet quality traits. **Aquaculture**, v. 484, p. 197-204, 2018.

IACONISI, V., MARONO, S., PARISI, G., GASCO, L., GENOVESE, L., MARICCHIOLO, G., e PICCOLO, G. Dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal: Effects on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). **Aquaculture**, v. 476, p. 49-58, 2017.

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018.** A arte da sericicultura ganha espaço no país. Disponível em:<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20901-a-arte-da-sericicultura-ganha-espaco-no-pais>>. Acesso em: 29 maio 2019.

IDO, A., IWAI, T., ITO, K., OHTA, T., MIZUSHIGE, T., KISHIDA, T., ... e MIURA, T. Dietary effects of housefly (*Musca domestica*)(Diptera: Muscidae) pupae on the growth performance and the resistance against bacterial pathogen in red sea bream (*Pagrus major*)(Perciformes: Sparidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 50, n. 2, p. 213-221, 2015.

IMENES, S. De L.; IDE, S. Principais grupos de insetos pragas em plantas de interesse econômico. **O Biológico**, v. 64, n. 2, 2002.

JI, H., ZHANG, J. L., HUANG, J. Q., CHENG, X. F., e LIU, C. Effect of replacement of dietary fish meal with silkworm pupae meal on growth performance, body composition, intestinal protease activity and health status in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture Research**, v. 46, n. 5, p. 1209-1221, 2015.

JOSEPH, B., AND S. JUSTIN RAJ. "Therapeutic applications and properties of silk proteins from *Bombyx mori*." **Frontiers in Life Science** v.6, n. 3-4, p. 55-60, 2012.

**Kaissara Insetos**. Facebook: Kaissara Insetos. Disponível em: <[https://www.facebook.com/pg/kaissaraInsetos/about/?ref=page\\_internal](https://www.facebook.com/pg/kaissaraInsetos/about/?ref=page_internal)>. Acesso em: 29 jul. 2019.

KAREEM, A. O., e OGUNREMI, J. B. Growth performance of *Clarias gariepinus* fed compounded rations and maggots. J. Env. Issues Agr. Devel. **Countries**, v.4, p.1-5, 2012.

KAUSHIK, S. J., CRAVEDI, J. P., LALLES, J. P., SUMPTER, J., FAUCONNEAU, B., e LAROCHE, M. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 133, n. 3-4, p. 257-274, 1995.

KIKUCHI, K. Partial replacement of fish meal with corn gluten meal in diets for Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, n. 3, p. 357-363, 1999.

KIM, H. W., SETYABRATA, D., LEE, Y. J., JONES, O. G., e KIM, Y. H. B. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. **Innovative food science e emerging technologies**, v. 38, p. 116-123, 2016.

KOCH, R. "**Criação de Curió**". 2013.

KROECKEL, S., HARJES, A. G., ROTH, I., KATZ, H., WUERTZ, S., SUSENBETH, A., e SCHULZ, C. When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute-Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v. 364, p. 345-352, 2012.

LADEJI, O.; SOLOMON, M.; MADUKA, H. Proximate chemical analysis of *Zonocerus variegatus* (Giant Grasshopper). **Nigérien Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 1, p. 42-45, 2003.

LARDÉ, G. Recycling of coffee pulp by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. **Biological wastes**, v. 33, n. 4, p. 307-310, 1990.

LARDÉ, G. Recycling of coffee pulp by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) larvae. **Biological wastes**, v. 33, n. 4, p. 307-310, 1990.

LEE, J., CHOI, I. C., KIM, K. T., CHO, S. H., e YOO, J. Y. Response of dietary substitution of fishmeal with various protein sources on growth, body composition and blood chemistry of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*, Temminck e Schlegel, 1846). **Fish physiology and biochemistry**, v. 38, n. 3, p. 735-744, 2012.

LI, L.; ZHAO, Z., LIU, H. Feasibility of feeding yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) in bioregenerative life support systems as a source of animal protein for humans. **Acta Astronautica**, v. 92, n. 1, p. 103-109, 2013.

LI, Q., ZHENG, L., CAI, H., GARZA, E., YU, Z., e ZHOU, S. From organic waste to biodiesel: Black soldier fly, *Hermetia illucens*, makes it feasible. **Fuel**, v. 90, n. 4, p. 1545-1548, 2011.

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

LI, S., JI, H., ZHANG, B., ZHOU, J., e YU, H. Defatted black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal in diets for juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian): Growth performance, antioxidant enzyme activities, digestive enzyme activities, intestine and hepatopancreas histological structure. **Aquaculture**, v. 477, p. 62-70, 2017.

LI, Y., KORTNER, T. M., CHIKWATI, E. M., MUNANG'ANDU, H. M., LOCK, E. J., e KROGDAHL, Å. Gut health and vaccination response in pre-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal. **Fish e shellfish immunology**, v. 86, p. 1106-1113, 2019.

LIN, Y. H., e MUI, J. J. Evaluation of dietary inclusion of housefly maggot (*Musca domestica*) meal on growth, fillet composition and physiological responses for barramundi, *Lates calcarifer*. **Aquaculture research**, v.48, n. 5, p.2478-2485, 2017.

LIRA, J. A. **Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*colossoma macropomum*)**. 2015. 53p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Nilton Lins, Instituto nacional de pesquisas da Amazônia, Manaus, 2015.

LIU, X., CHEN, X., WANG, H., YANG, Q., UR REHMAN, K., LI, W., e YU, Z. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. **PloS one**, v. 12, n. 8, p. e0182601, 2017.

LOCK, E. R.; ARSIWALLA, T.; WAAGBO, R. Insect larvae meal as an alternative source of nutrients in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) postsmolt. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 6, p. 1202-1213, 2016.

MAGALHÃES, B. P.; LECOQ, M. Bioinseticida e gafanhotospraga. Brasília: **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, 2006.

MAGALHÃES, R., SÁNCHEZ-LÓPEZ, A., LEAL, R. S., MARTÍNEZ-LLORENS, S., OLIVA-TELES, A., e PERES, H. Black soldier fly (*Hermetia illucens*) pre-pupae

meal as a fish meal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v. 476, p. 79-85, 2017.

MAKKAR, H. P., TRAN, G., HEUZÉ, V., e ANKERS, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1-33, 2014.

MANCINI, S., MEDINA, I., IACONISI, V., GAI, F., BASTO, A., e PARISI, G. Impact of black soldier fly larvae meal on the chemical and nutritional characteristics of rainbow trout fillets. **animal**, v. 12, n. 8, p. 1672-1681, 2018.

MARTIN, R. D.; RIVERS, J. P. W.; COWGILL, U. M. Culturing mealworms as food for animals in captivity. **International Zoo Yearbook**, v. 16, n. 1, p. 63-70, 1976.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Produtos fitossanitários com uso aprovado para agricultura orgânica registrados**. Brasília, 10p. 2017. Disponível em: <  
[http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/produtos-fitossanitarios/arquivos-registro/Produtos\\_registrados\\_11\\_10\\_2019.pdf](http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/produtos-fitossanitarios/arquivos-registro/Produtos_registrados_11_10_2019.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2019.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Materias-primas aprovadas pelo MAPA para uso na alimentação animal**. Brasília, 6p. 2017. Disponível em: <  
<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/registro-cadastro>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

MICHAEL, K. G.; SOGBESAN, O. A. Evaluation of Maggot Meal (*Musca domestica*) and Single Cell Protein (Mushroom) in the Diet of *Clarias gariepinus* Fingerlings (Burchell, 1822). **Fisheries and Aquaculture Journal**, v. 6, n. 3, p. 1, 2015.

MILLAMENA, O. M. Replacement of fish meal by animal by-product meals in a practical diet for grow-out culture of grouper *Epinephelus coioides*. **Aquaculture**, v. 204, n. 1-2, p. 75-84, 2002.

MOUTINHO, S., MARTÍNEZ-LLORENS, S., TOMÁS-VIDAL, A., JOVER-CERDÁ, M., OLIVA-TELES, A., e PERES, H. Meat and bone meal as partial replacement for fish meal in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: Growth, feed efficiency, amino acid utilization, and economic efficiency. **Aquaculture**, v. 468, p. 271-277, 2017.

MUIN, H., TAUFEEK, N. M., KAMARUDIN, M. S., e RAZAK, S. A. Growth performance, feed utilization and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) fed with different levels of black soldier fly, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) maggot meal diet. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 16, n. 2, p. 567-577, 2017.

MUSTAPHA, A. K., e KOLAWOLE, A. A. Potentials of fresh housefly maggot in the diet of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 23, n. 4, p. 681-687, 2019.

MUSTAPHA, A. R. K. Growth Response of *Oreochromis niloticus* Fingerlings to Sun-dried Maggot Substituted Diets, 2018.

NANDEESHA, M. C., SRIKANTH, G. K., KESHAVANATH, P., VARGHESE, T. J., BASAVARAJA, N., e DAS, S. K. Effects of non-defatted silkworm-pupae in diets on the growth of common carp, *Cyprinus carpio*. **Biological Wastes**, v. 33, n. 1, p. 17-23, 1990.

**Natpro**. Produtos. Disponível em: <<http://www.natpro.cl/english/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

NENGAS, IOANNIS; ALEXIS, MARIA N.; DAVIES, SIMON J. High inclusion levels of poultry meals and related by products in diets for gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture**, v. 179, n. 1-4, p. 13-23, 1999.

NEWTON, larry., SHEPPARD, craig., WATSON, dw., BURTLE, gary., e DOVE, robert. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State **University, Raleigh, NC**, v. 17, 2005.

NG, W. K., LIEW, F. L., ANG, L. P., e WONG, K. W. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 273-280, 2001.

**NRC**. National Research Council. Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press. (2011).

**NRC**. Nutrient requirements of fish. Pp. 56. Academic press, Washington, USA. 1993.

**Ntlabs**. Products, Outdoor Medikoi, Fish Food Medikoi, Silkworm. Disponível em:<<https://www.ntlabs.co.uk/browse-products/outdoor/medikoi/silkworm/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

**Nutrinsecta**. Home, Products by Protix. Disponível em: <[https://protix.eu/products\\_by\\_protix/#oerei](https://protix.eu/products_by_protix/#oerei)>. Acesso em: 29 jul. 2019.

**Nutrinsecta**. Produtos. Disponível em: <<http://www.nutrinesepta.com.br/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

OGUNJI, J. O., KLOAS, W., WIRTH, M., NEUMANN, N., e PIETSCH, C. Effect of housefly maggot meal (magma) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 92, n. 4, p. 511-518, 2008.

OGUNJI, J. O., KLOAS, W., WIRTH, M., SCHULZ, C., e RENNERT, B. **Housefly maggot meal (Magma)**: An emerging substitute of fishmeal in tilapia diets, 2006.

OGUNJI, J. O., KLOAS, W., WIRTH, M., SCHULZ, C., e RENNERT, B. Housefly maggot meal (magma) as a protein source for *Oreochromis niloticus* (Linn.). **Asian Fisheries Science**, v. 21, n. 3, p. 319-331, 2008.

- OGUNJI, J. O., NIMPTSCH, J., WIEGAND, C., e SCHULZ, C. Evaluation of the influence of housefly maggot meal (magma) diets on catalase, glutathione S-transferase and glycogen concentration in the liver of *Oreochromis niloticus* fingerling. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular e Integrative Physiology**, v. 147, n. 4, p. 942-947, 2007.
- OGUNJI, J. O., NIMPTSCH, J., WIEGAND, C., SCHULZ, C., e RENNERT, B. Effect of housefly maggot meal (magma) diets on catalase, and glutathione S-transferase in the liver and gills of carp *Cyprinus carpio* fingerling. **International Aquatic Research**, v. 3, n. 1, p. 11-20, 2011.
- OGUNJI, J., PAGEL, T., SCHULZ, C., e KLOAS, W. Apparent digestibility coefficient of housefly maggot meal (magma) for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and carp (*Cyprinus carpio*). **Asian Fisheries Science**, v. 22, n. 4, p. 1095-1105, 2009.
- OLALEYE, I. G. Effects of grasshopper meal in the diet of *Clarias gariepinus* fingerlings. **Journal of Aquaculture Research and Development**, v. 6, n. 4, 2015.
- OLIVA-TELES, A; GONÇALVES, P. Partial replacement of fishmeal by brewer yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Aquaculture**, v. 202, n. 3-4, p. 269-278, 2001.
- OLIVEIRA, F., DOELLE, K., LIST, R., e O'REILLY, J. R. Assessment of Diptera: Stratiomyidae, genus *Hermetia illucens* (L., 1758) using electron microscopy. **J. Entomol. Zool. Stud**, v. 3, n. 5, p. 147-152, 2015.
- OLIVEIRA, C. Associação e congresso para representar a entomofagia. **BBC News Brasil**, São Paulo, set. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-45634248>>. Acesso em: 13 dez. 2019.
- ORTIZ, J. A., INFANTE, F., QUILANTÁN, J., GEHRKE, M., CASTILLO, A., DE LA ROSA, J., e ESQUINCA, H. Cría de la Mosca Doméstica para Utilizarla como Polinizador de las Flores de Mango Ataulfo. **Manual Técnico. ECOSUR-CONACYT**, 14, 2011.
- OYELESE, O. A. Utilization of compounded ration and maggot in the diet of *Clarias gariepinus*. **Res J Appl Sci**, v. 2, n. 3, p. 301-306, 2007.
- OZÓRIO, R. O. A., TURINI, B. G. S., MÔRO, G. V., OLIVEIRA, L. S. T., PORTZ, L., e CYRINO, J. E. P. Growth, nitrogen gain and indispensable amino acid retention of pacu (*Piaractus mesopotamicus*, Holmberg 1887) fed different brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) levels. **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 3, p. 276-283, 2010.
- PARK, J. B., CHOI, W. H., KIM, S. H., JIN, H. J., HAN, Y. S., e KIM, N. J. Developmental characteristics of *Tenebrio molitor* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) in different instars. **International Journal of Industrial Entomology**, v.28, n. 1, p. 5-9, 2014.

PATIL, S. R., AMENA, S., VIKAS, A., RAHUL, P., JAGADEESH, K., e PRAVEEN, K. Utilization of silkworm litter and pupal waste-an eco-friendly approach for mass production of *Bacillus thuringiensis*. **Bioresource technology**, v. 131, p. 545-547, 2013.

PAYNE, C. L., SCARBOROUGH, P., RAYNER, M., e NONAKA, K. A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. **Trends in Food Science e Technology**, v. 47, p. 69-77, 2016.

PEDROSO-DE-PAIVA, D. Controle de moscas e cascudinhos: Desafios na produção agrícola. **Proceedings do Simpósio sobre resíduos da Produção Avícola**, v. 12, p. 21-26, 2000.

PEREIRA, N. R., FERRARESE-FILHO, O., MATSUSHITA, M., e DE SOUZA, N. E. Proximate composition and fatty acid profile of *Bombyx mori* L. chrysalis toast. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 16, n. 4, p. 451-457, 2003.

PETIZA, S., HAMADA, N., BRUNO, A. C., e COSTA-NETO, E. M. Etnoentomología baniwa. **Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa**, v. 52, p. 323-343, 2013.

PICCOLO, G., IACONISI, V., MARONO, S., GASCO, L., LOPONTE, R., NIZZA, S., e PARISI, G. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, p. 12-20, 2017.

PIETERSE, E., e PRETORIUS, Q. Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. **Animal Production Science**, v. 54, n. 3, p. 347-355, 2014.

**Q-Biofábrica.** Facebook: Q-Biofábrica. Disponível em: <<https://www.facebook.com/QBIOFABRICA>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

RAFAEL, J. A., DE MELO, G. A. R., e DE CARVALHO, C. J. B. (Eds.). Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia. **Holos Editora**, 2012.

RAHIMNEJAD, S., HU, S., SONG, K., WANG, L., LU, K., WU, R., e ZHANG, C. Replacement of fish meal with defatted silkworm (*Bombyx mori* L.) pupae meal in diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). **Aquaculture**, 2019.

RAMOS-ELORDUY, J. Energy supplied by edible insects from Mexico and their nutritional and ecological importance. **Ecology of food and nutrition**, v. 47, n. 3, p. 280-297, 2008.

RAMOS-ELORDUY, J., GONZÁLEZ, E. A., HERNÁNDEZ, A. R., e PINO, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

RAVZANAADII, N., KIM, S. H., CHOI, W. H., HONG, S. J., e KIM, N. J. Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. **International Journal of Industrial Entomology**, v. 25, n. 1, p. 93-98, 2012.

REGOST, C.; ARZEL, J.; KAUSHIK, S. J. Partial or total replacement of fish meal by corn gluten meal in diet for turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture**, v. 180, n. 1-2, p. 99-117, 1999

RENNA, M., SCHIAVONE, A., GAI, F., DABBOU, S., LUSSIANA, C., MALFATTO, V., e DE MARCO, M. Evaluation of the suitability of a partially defatted black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal as ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) diets. **Journal of animal science and biotechnology**, v. 8, n. 1, p. 57, 2017.

RICHMAN, D. B. A Manual of the Grasshoppers of New Mexico: Orthoptera Acrididae and Romaleidae. **Cooperative Extension Service, New Mexico State University**, 1993.

ROBAINA, L., MOYANO, F. J., IZQUIERDO, M. S., SOCORRO, J., VERGARA, J. M., e MONTERO, D. Corn gluten and meat and bone meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. **Aquaculture**, v. 157, n. 3-4, p. 347-359, 1997.

ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DONZELE, J. L., GOMES, P. C., OLIVEIRA, R. D., LOPES, D. C., e EUCLIDES, R. F. Composição de alimentos e exigências nutricionais. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**, v. 2, 2005.

RUMPOLD, B. A.; SCHLÜTER, O. K. Potential and challenges of insects as an innovative source for food and feed production. **Innovative Food Science e Emerging Technologies**, v. 17, p. 1-11, 2013.

RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. In: **Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**, 2005.

**Safari Insetos.** instagram: Safari Insetos. Disponível em: <<https://www.instagram.com/safarinsetos/?hl=pt-br>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

SÁNCHEZ-MUROS, M., DE HARO, C., SANZ, A., TRENZADO, C. E., VILLARECES, S., e BARROSO, F. G. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilápia (*Oreochromis niloticus*) diet. **Aquaculture nutrition**, v. 22, n. 5, p. 943-955, 2016.

SANCHEZ-ARROYO, HUSSEIN; CAPINERA, J. L. **House fly, *Musca domestica* Linnaeus**. IFAS Extension, University of Florida, USA, 2003.

SÁNCHEZ-MUROS, MARÍA-JOSÉ; BARROSO, FERNANDO G.; MANZANO-AGUGLIARO, F.. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 16-27, 2014.

SANKIAN, Z., KHOSRAVI, S., KIM, Y. O., e LEE, S. M. Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles. **Aquaculture**, v. 496, p. 79-87, 2018.

SARGENT, J. R., BELL, J. G., BELL, M. V., HENDERSON, R. J., e TOCHER, D. R. The metabolism of phospholipids and polyunsaturated fatty acids in fish. **Aquaculture: fundamental and applied research**, v. 43, p. 103-124, 1993.

SARGENT, J. R.; TACON, A. G. J. Development of farmed fish: a nutritionally necessary alternative to meat. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 58, n. 2, p. 377-383, 1999.

SEALEY, W. M., GAYLORD, T. G., BARROWS, F. T., TOMBERLIN, J. K., MCGUIRE, M. A., ROSS, C., e ST-HILAIRE, S. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 42, n. 1, p. 34-45, 2011.

SECCI, G., MANCINI, S., IACONISI, V., GASCO, L., BASTO, A., e PARISI, G. Can the inclusion of black soldier fly (*Hermetia illucens*) in diet affect the flesh quality/nutritional traits of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after freezing and cooking? **International journal of food sciences and nutrition**, v. 70, n. 2, p. 161-171, 2019.

SHAKOORI, M., GHOLIPOUR, H., e NASERI, S. Effect of replacing dietary fish meal with silkworm (*Bombyx mori*) pupae on hematological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Comparative Clinical Pathology**, v. 24, n. 1, p. 139-143, 2015.

SHAKOORI, M., GHOLIPOUR, H., NASERI, S., e KHARA, H. Growth, survival, and body composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, when dietary fish meal is replaced with silkworm (*Bombyx mori*) pupae. **Archives of Polish Fisheries**, v. 24, n. 1, p. 53-57, 2016.

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

SILVA-CARRILLO, Y., HERNÁNDEZ, C., HARDY, R. W., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, B., e CASTILLO-VARGAS MACHUCA, S. The effect of substituting fish meal with soybean meal on growth, feed efficiency, body composition and blood chemistry in juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). **Aquaculture**, v. 364, p. 180-185, 2012.

SONG, Z., LI, H., WANG, J., LI, P., SUN, Y., e ZHANG, L. Effects of fishmeal replacement with soy protein hydrolysates on growth performance, blood biochemistry, gastrointestinal digestion and muscle composition of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, v. 426, p. 96-104, 2014.

ST-HILAIRE, S., CRANFILL, K., MCGUIRE, M. A., MOSLEY, E. E., TOMBERLIN, J. K., NEWTON, L., ... e IRVING, S. Fish offal recycling by the black soldier fly produces a foodstuff high in omega-3 fatty acids. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 38, n. 2, p. 309-313, 2007.

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

STEFFENS, W. Replacing fish meal with poultry by-product meal in diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 124, n. 1-4, p. 27-34, 1994.

STOREBAKKEN, T.; SHEARER, K. D.; ROEM, A. J. Availability of protein, phosphorus and other elements in fish meal, soy protein concentrate and phytase-treated soy-protein-concentrate-based diets to Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture**, v. 161, n. 1-4, p. 365-379, 1998.

SU, J., GONG, Y., CAO, S., LU, F., HAN, D., LIU, H., ... e XIE, S. Effects of dietary *Tenebrio molitor* meal on the growth performance, immune response and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). **Fish e shellfish immunology**, v. 69, p. 59-66, 2017.

TACON, A. G. J.; HASAN, MOHAMMAD, R.; METIAN, M. Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans: trends and prospects. **FAO Fisheries and Aquaculture technical paper**, n. 564, p.1, 2011.

TACON, A. G. J; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, n. 1-4, p. 146-158, 2008.

TAKAHASHI, R.; TAKAHASHI, K. M.; TAKAHASHI, L. S. **Sericicultura: uma promissora exploração agropecuária**. Funep, 2001.

TAUFEK, N. M., ASPANI, F., MUIN, H., RAJI, A. A., RAZAK, S. A., e ALIAS, Z. The effect of dietary cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) on growth performance, antioxidant enzyme activities, and haematological response of African catfish (*Clarias gariepinus*). **Fish physiology and biochemistry**, v. 42, n. 4, p. 1143-1155, 2016.

TAUFEK, N. M., MUIN, H., RAJI, A. A., MD YUSOF, H., ALIAS, Z., e RAZAK, S. A. Potential of field cricket meal (*Gryllus bimaculatus*) in the diet of African catfish (*Clarias gariepinus*). **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, n. 1, p. 541-546, 2018.

TAUFEK, N. M., MUIN, H., RAJI, A. A., RAZAK, S. A., YUSOF, H. M., e ALIAS, Z. Apparent digestibility coefficients and amino acid availability of cricket meal, *Gryllus bimaculatus*, and fishmeal in African catfish, *Clarias gariepinus*, diet. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 47, n. 6, p. 798-805, 2016.

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

TRIPLEHORN, C. A.; JOHNSON, N. F. **Estudo dos insetos: tradução da 7ª edição de Borror and DeLong's introduction to the study of insects**. São Paulo: Cengage Learning, p. 809, 2011.

USUB, T., LERTSATITTHANAKORN, C., POOMSA-AD, N., WISET, L., YANG, L., e SIRIAMORNPNUN, S. Experimental performance of a solar tunnel dryer for drying silkworm pupae. **Biosystems engineering**, v. 101, n. 2, p. 209-216, 2008.

VAN HUIS, A., VAN ITTERBEECK, J., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIR, G., e VANTOMME, P. Edible insects: future prospects for food and feed security. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 2013.

VELDKAMP, T., VAN DUINKERKEN, G., VAN HUIS, A., LAKEMON, C. M. M., OTTEVANGER, E., BOSCH, G., e VAN BOEKEL, T. Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study= Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoeders: een haalbaarheidsstudie. **Wageningen UR Livestock Research**, 2012.

VIDOTTI, R. M., e GONÇALVES, G. S. **Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal**. Instituto de Pesca, 2006.

WANG, H., ZHANG, Z., CZAPAR, G. F., WINKLER, M. K., e ZHENG, J. A full-scale house fly (Diptera: Muscidae) larvae bioconversion system for value-added swine manure reduction. **Waste Management e Research**, v. 31, n. 2, p. 223-231, 2013.

WANG, L., LI, J., JIN, J. N., ZHU, F., ROFFEIS, M., e ZHANG, X. Z. A comprehensive evaluation of replacing fishmeal with housefly (*Musca domestica*) maggot meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): growth performance, flesh quality, innate immunity and water environment. **Aquaculture nutrition**, v. 23, n. 5, p. 983-993, 2017.

XU, X., JI, H., YU, H., e ZHOU, J. Influence of replacing fish meal with enzymatic hydrolysates of defatted silkworm pupa (*Bombyx mori* L.) on growth performance, body composition and non-specific immunity of juvenile mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*). **Aquaculture research**, v. 49, n. 4, p. 1480-1490, 2018.

YANG, S., LI, Q., GAO, Y., ZHENG, L., e LIU, Z. Biodiesel production from swine manure via housefly larvae (*Musca domestica* L.). **Renewable energy**, v. 66, p. 222-227, 2014.

YI, L., LAKEMON, C. M., SAGIS, L. M., EISNER-SCHADLER, V., VAN HUIS, A., e VAN BOEKEL, M. A. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. **Food chemistry**, v. 141, n. 4, p. 3341-3348, 2013.

**Ynsect**. Products. Disponível em: <<https://www.ynsect.com/en/>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

ZHANG, C. X., TANG, X. D., e CHENG, J. A. The utilization and industrialization of insect resources in China. **Entomological research**, v. 38, p. S38-S47, 2008.

ZHOU, J. S., LIU, S. S., JI, H., e YU, H. B. Effect of replacing dietary fish meal with black soldier fly larvae meal on growth and fatty acid composition of Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture nutrition**, v. 24, n. 1, p. 424-433, 2017.

**ZM Agro**. Produtos. Disponível em: <<http://zmagroinsects.com/#produtos>>. Acesso em: 29 jul. 2019.