



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIA

TÁFANIE VALÁCIO FONTES

**COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DE FARINHA DE
INSETOS NA ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE
TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis Niloticus*)**

**LAVRAS-MG
2018**

TÁFANIE VALÁCIO FONTES

**COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DE FARINHA DE INSETOS NA
ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO NILO (*Oreochromis
Niloticus*)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como Parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Ciências
Veterinárias, para a obtenção do
título de Mestre.

Prof^ª Dra. Priscila Vieira e Rosa

Orientadora

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues

Coorientador

Prof. Dr. Diego Vicente da Costa

Coorientador

**LAVRAS/MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Fontes, Táfanie Valácio.

Coeficiente de digestibilidade de farinha de insetos na
alimentação de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) /
Táfanie Valácio Fontes. - 2018.

62 p. : il.

Orientador(a): Priscila Vieira e Rosa.

Coorientador(a): Paulo Borges Rodrigues, Diego Vicente da
Costa.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Tilápia. 2. Inseto. 3. Quitina. I. Rosa, Priscila Vieira e. II.
Rodrigues, Paulo Borges. III. Costa, Diego Vicente da. IV. Título.

TÁFANIE VALÁCIO FONTES

**COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE DE FARINHA DE INSETOS NA
ALIMENTAÇÃO DE ALEVINOS DE TILÁPIA DO (*Oreochromis Niloticus*)**

**DIGESTIBILITY COEFFICIENTS OF INSECT MEALS FOR NILE TILÁPIA
(*Oreochromis Niloticus*)**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como Parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Ciências Veterinárias, área de
concentração em Ciências
Veterinárias, para a obtenção do
título de Mestre.

Aprovada em 22 de fevereiro de 2018
Profª Dra. Priscila Vieira e Rosa DMV
Prof. Dr. Diego Vicente Costa ICA-UFGM
Dra. Cristina Tschorny Moncau UFLA

Profª Dra. Priscila Vieira e Rosa
Orientadora

Prof. Dr. Paulo Borges Rodrigues
Coorientador

Prof. Dr. Diego Vicente da Costa
Coorientador

**LAVRAS/MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, por ter me proporcionado vitórias e derrotas ao longo da minha vida, fazendo que eu crescesse sem Ele nada seria possível.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Zootecnia e Veterinária por me acolherem e permitirem essa conquista.

Aos órgãos de Fomento, em especial a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelas oportunidades concedidas e pelo apoio financeiro.

A Profa. Dra. Priscila Vieira e Rosa, por ter confiado em meu trabalho ao longo desses anos. Pela sua ajuda tanto profissional, mas além de tudo pessoal. Posso dizer que alguns porcentos do que sou hoje devo a ela.

Ahh sim você acho que sempre será uma inspiração para nos da equipe Renan Rosa Paulino, especialmente para mim, isso é inegável. Sou muito grata a Deus por ter colocado você e a Mayara Bertoldo na hora exata em minha vida, meu coração dói por não ter vocês sempre perto.

Ao Prof. Dr. Diego Vicente da Costa por ter confiado à realização de seu projeto. Que projeto!!! Sempre que leio aprendo mais e mais, obrigado por essa experiência. Agradeço a empresa Vidaproteína pelo fornecimento das farinhas de insetos, para a execução desse maravilhoso trabalho.

A Cristina Tschorny Moncau por sua ajuda na elaboração do protocolo, e pelo seu companheirismo e dedicação esse tempo.

Ao setor da Piscicultura e todos os que fazem parte por me acolherem e contribuírem com minha formação profissional. Especialmente ao Eleci por me fazer acreditar e vibrar junto com minhas vitórias. A nossa equipe... em especial ao Murilo, Bruna, Ariane, Katia, Tamira e Edgar sem você esse trabalho não seria possível.

Edgar você tem um lugar muito especial em meu crescimento, Deus sempre está a trabalhar conosco, e você foi um trabalhar de Deus em mim. Sou muito grata Edgar pelo o que sou hoje, devo parte disso a você. Fico triste com sua partida você fará muita falta para a equipe. Mas te desejo um futuro cheio de vitórias, pois você é muito merecedor.

A nossa turma Ariane, Natalia, Tamira e Kátia muito obrigada pela amizade. Vocês se tornaram parte da família, sou grata por cada jantar, café, além das conversas que vocês me proporcionaram. Sou muito feliz tendo vocês.

Aos casais mais que especial Leticia e Lucas, Edivane e Fábio muito obrigada.

Aos meus pais Antônio Ricardo Fontes e Joana Darc Valácio Fontes, agradeço a cada correção que recebi, por terem sempre esforçado em minha educação e acreditado em meu potencial. Especialmente agradeço a minha mãe por ter me guiado no caminho do Senhor.

À minha irmã, quase mãe, pelo seu cuidado, e por sempre estar perto e apoiar em minhas decisões.

Em especial não poderia jamais esquecer do apoio incondicional deste ser que escolhi para traçar junto uma história, ao meu marido Ryan Monteiro Alvenga. Mesmo com esses infinitos quilômetros está sempre a me apoiar, sinto muito sua falta. Obrigado por caminhar junto comigo.

Aos demais professores do departamento de Zootecnia e Veterinária, e a todos as pessoas que, de alguma forma, contribuíram para a execução desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

“Porque para Deus não haverá impossíveis em todas as suas promessas.”
Lucas 1:37

RESUMO

O Contínuo aumento da população humana acarreta em um aumento na produção da cadeia animal, aumentando a utilização de produtos na formulação de rações. Ocasionalmente uma maior demanda e competição por fontes proteicas entre a nutrição humana e animal. Desta forma, a busca por ingredientes alternativos proteicos se faz necessária. Neste sentido a farinha de insetos se mostra promissora. Objetivou-se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) de cinco farinhas de inseto para alevinos de tilápia do Nilo. O experimento foi realizado no setor de Piscicultura do departamento de Zootecnia da UFLA. Foram utilizados 900 alevinos, com peso de 3g, distribuídos aleatoriamente em 18 caixas de 250L em delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos (controle e as farinhas de barata Cinérea, barata Madagascar, Tenebrio Comum, Tenebrio Gigante e Grilo) e 3 repetições. A determinação da digestibilidade aparente foi realizada pelo método indireto, utilizando óxido de cromo (Cr_2O_3) como indicador de digestibilidade. Após a adaptação, os animais foram alimentados duas vezes ao dia, durante 15 dias. A coleta de fezes foi realizada pelo método de Guelph modificado. Observou-se maior CDA de matéria seca (CDAMS) para a farinha de Tenebrio Comum não diferindo apenas da farinha de Tenebrio Gigante ($p < 0,05$). O CDA da proteína (CDAPB) também apresentou maior na farinha de Tenebrio Comum e menor na de Grilo, as demais farinhas não diferiram entre si ($p < 0,05$). Para a proteína corrigida (CDAPB¹) observou-se maior valor de CDA para Tenebrio Gigante (81,19%) e Tenebrio Comum (88,68%) e menor para Grilo ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os tratamentos para digestibilidade do extrato etéreo (CDAEE) ($p > 0,05$), porém quando corrigido para unidade de extrato etéreo na ração (CDAEE²) foi observado maior CDA para barata Madagascar e menor para barata Cinérea e Tenebrio Gigante. Para a quitina (CDAQ), foi observado um maior CDAQ para farinha de Tenebrio Comum e menor para a farinha de barata Madagascar seguida pela farinha de barata Cinérea, que apresentou o menor valor de CDAQ dentre todas as farinhas ($P < 0,05$). Para cinzas os maiores CDA foram do Tenebrio Comum, barata Cinérea e barata Madagascar ($p < 0,05$). O CDA da energia Tenebrio Comum e gigante obtiveram maiores CDA enquanto Grilo e barata Madagascar menores e barata Cinérea não diferiu de ambos tratamentos ($p < 0,05$). Concluiu-se que os animais tiveram um bom aproveitamento das cinco farinhas fornecidas, sendo que a farinha de Tenebrio Comum e Tenebrio gigante se mostraram mais promissora.

Palavras-chave: Aquicultura. Quitinase. *Oreochromis niloticus*. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The continuous increase of human population as well as animal production raised the use of products in diets formulations. That fact increased the demand and competition for protein sources between human and animal nutrition. Thus, to find out alternative protein ingredients is necessary. Taking this in consideration, insect meal becomes a very promising alternative protein source. The objective of this study was to determine the apparent digestibility coefficients (ADC) of five insect meals for Nile tilapia fingerlings. The experiment was carried out in the Fish Farming Sector of the Department of Animal Science of UFLA. A total of 900 fry, weighing 3g, were randomly distributed in 18 tanks with 250L in a completely randomized design with 6 treatments (control and *Cinerea* cockroach, Madagascar cockroach, *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor* and Cricket meals) and 3 replicates. Determination of the apparent digestibility was performed using the indirect method, with chromium oxide (Cr_2O_3) as inert marker. After acclimatization period, animals were fed twice daily for 15 days. Feces were collected through Guelph modified method. It was observed higher dry matter ADC for *Tenebrio molitor* meal however not different from *Zophobas morio* meal ($p < 0.05$). The ADC of protein was higher for *Tenebrio molitor* and lower for Cricket meal, where other treatments did not differ among themselves ($p < 0.05$). For corrected protein, a higher ADC value was observed for *Zophobas morio* (81.19%) and *Tenebrio molitor* (88.68%) and lower for Cricket ($p < 0.05$). There were no differences between the treatments for ether extract digestion ($p > 0.05$), but when corrected for ether extract per unit in the diet, the highest ADC was observed for Madagascar cockroach and the lowest for *Cinerea* cockroach and *Zophobas morio*. For chitin, a higher CDA was observed for Common *Tenebrio* meal and lower for Madagascar cockroach and *Cinerea* cockroach meal which shown the lowest value of ADC among all the treatments ($p < 0.05$). For ash, high ADC was obtained for *Tenebrio molitor*, *Cinerea* cockroach and Madagascar cockroach ($p < 0.05$). The ADC for *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* were the highest for energy while Cricket and Madagascar cockroach had the lower and *Cinerea* cockroach did not differ from the last two treatments ($p < 0.05$). In conclusion, the animals have a good usage of the five insect meals evaluated, where *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* have shown more promising.

Key-words: Aquaculture. Chitinase. *Oreochromis niloticus*. Sustainability

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Composição de aminoácidos essencial disponível (g / 100g proteína) de insetos, farinha de peixe e farelo de soja correlacionados ao requerimento aminoacídico em peixes | 20 |
| Figura 2 - <i>Nauphoeta Cinérea</i> (Barata Cinérea) | 22 |
| Figura 3 - <i>Gromphadorhina portentosa</i> (Barata Madagascar) | 23 |
| Figura 4 - <i>Tenebrio molitor</i> (Tenebrio Comum) | 24 |
| Figura 5 - <i>Zophoba morio</i> (Tenebrio Gigante) | 27 |
| Figura 6 - Grilo (<i>Gryllidae</i>) | 27 |
| Figura 7 - Estrutura da quitina | 29 |
| Figura 8 - Sistema de Guelph | 33 |
| Figura 9 - Sistema de Guelph Modificado | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Proteína bruta descrita para diferentes espécies de insetos. | 18 |
| Tabela 2 - Composição bromatológica das cinco farinhas de inseto avaliadas ¹ (% matéria seca) | 37 |
| Tabela 3 - Composição bromatológica das rações contendo 20% de inclusão das diferentes farinhas de inseto avaliadas e da ração | 38 |
| Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) em % das cinco farinhas de inseto utilizadas na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)* | 40 |

LISTA DE ABREVIACOES

| | |
|------|---|
| CDA | Coeficiente de digestibilidade aparente |
| DHA | Ácido docosahexaenoico |
| EPA | Ácido eicosapentaenóico |
| HUFA | Ácidos graxos altamente insaturados |
| FS | Farelo de soja |
| FP | Farinha de peixe |
| TG | Tenebrio gigante |
| TC | Tenebrio comum |
| MS | Matéria seca |
| PB | Proteina bruta |
| EE | Extrato etéreo |
| C | Cinza |
| Q | Quitina |
| EB | Energia bruta |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1 Tilápia | 14 |
| 2.2 Fontes de proteína | 15 |
| 2.3 Farinha de Insetos | 17 |
| 2.3.1 BLATTARIAE | 21 |
| 2.3.1.1 BARATA CINÉREA..... | 21 |
| 2.3.1.2 BARATA MADAGASCAR (<i>Gromphadorhina portentosa</i>) | 22 |
| 2.3.2 COLEOPTERA | 24 |
| 2.3.2.1 TENEBRIO MOLITOR..... | 24 |
| 2.3.2.2 ZOPHOBAS MORIO | 26 |
| 2.3.3 ORTHOPTERA | 27 |
| 2.3.3.1 GRILO..... | 27 |
| 2.4 QUITINA..... | 29 |
| 2.5 DIGESTIBILIDADE | 32 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS | 34 |
| 3.1 Manejo e dietas experimentais..... | 34 |
| 3.2 Composição centesimal..... | 35 |
| 3.3 Análise estatística..... | 36 |
| 4. RESULTADOS | 37 |
| 4.1 Composição bromatologica das farinhas e rações..... | 37 |
| 4.2 Digestibilidade..... | 39 |
| 5 DISCUSSÃO | 41 |
| 5.1 Composições da farinha | 41 |
| 5.2 Digestibilidade..... | 43 |
| 6 CONCLUSÃO | 46 |
| REFERÊNCIAS..... | 46 |

1 INTRODUÇÃO

O consumo de pescado tem aumentado significativamente nos últimos anos devido a características nutritivas benéficas à saúde humana. A aquicultura é o setor da produção animal que vem apresentando maiores taxas de crescimento nas últimas décadas (FAO, 2010). No período 1960-2014, a oferta global de peixe foi crescente em comparação com as outras culturas, graças ao vigoroso crescimento da aquicultura. No Brasil, em 2015 a produção aquícola foi de 592,241 mil toneladas. Deste montante, 483,24 mil toneladas referem-se à piscicultura brasileira, sendo a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) responsável por 45,6% de toda despesca nacional, totalizando 219,33 mil toneladas (PPM, 2015).

Para que se alcance sucesso na cadeia produtiva de peixes, garantindo um alto volume de produção deve-se atentar, principalmente, à fase de pós-larva, onde é necessário a formulação de rações utilizando fontes de proteína com alta qualidade, principalmente a farinha de peixe.

A alta dependência de farinha de peixe é notória ao longo dos anos na aquicultura. Em 1994 sua utilização atingiu um pico de 30,1 milhões de toneladas. Tal dependência resultou na diminuição dos estoques pesqueiros, reduzindo a disponibilidade deste e elevando o preço da farinha de peixe (NEW;WIJKSTROEM, 2002). Uma vez que a utilização da farinha de peixe se mostra insustentável para o desenvolvimento da aquicultura, a introdução de fontes proteicas de origem vegetal, principalmente a farelo de soja, foi necessária, sendo está bem aceita por peixes de hábito alimentar onívoro, como a tilápia.

A farelo de soja apresenta alta digestibilidade, alta qualidade e quantidade de proteína comparada a outros produtos proteicos vegetais. Entretanto apresenta fatores antinutricionais, baixa palatabilidade, limitações quanto ao perfil de aminoácidos e alta proporção de polissacarídeos fibrosos, o que limita o percentual de inclusão da farelo de soja em dietas para peixes. Além disso, algumas proteínas vegetais podem comprometer a integridade intestinal dos peixes, ocasionando em diminuição da capacidade absorptiva dos nutrientes. Desta forma, novas fontes alternativas de proteína para a alimentação animal devem ser estudadas. Um ingrediente proteico que tem se mostrado promissor é a de farinha de insetos, contudo, mais estudos são necessários para conhecer seu valor nutricional, para as diferentes espécies animais. Assim sendo, objetivou-se com este

trabalho avaliar os coeficientes de digestibilidade de cinco farinhas de insetos, em alevinos de tilápia do Nilo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tilápia

A tilápia pertencente à família dos ciclídeos. É uma espécie originária do continente Africano e composta por três gêneros de importância zootécnica: *Oreochromis*, *Sarotherodon* e *Tilapia* (POPMA; MASSER 1999). Sua aparição no Brasil se deu na década de 50 com a espécie *Tilapia rendalli*, que foi introduzida pela empresa Light no Estado de São Paulo em 1953. Em 1971, a espécie *Oreochromis niloticus* foi introduzida na região Nordeste do Brasil por intermédio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), sendo bastante disseminada pelo país, desde a bacia amazônica até a região Sul (BOSCOLO et al, 2001; CASTAGNOLLI, 1996). Segundo a FAO (2014), a criação de tilápia é a mais difundida na aquicultura mundial. O Brasil se encontra entre os sete maiores produtores de tilápia do mundo. Segundo dados publicados em 2015, a produção total da piscicultura brasileira foi de 483,24 mil toneladas, sendo a tilápia responsável por 45,6% da produção do país. Os estados que detêm a maior produção de tilápia são: Ceará, Paraná e São Paulo (PPM 2015).

O sucesso da tilapicultura frente ao mercado nacional está relacionado à características intrínsecas favoráveis à sua produção, tais como a rusticidade, hábito alimentar onívoro, boa adaptação ao confinamento e rápido crescimento, além de apresentar carne com boas características organolépticas e ausência de espinhos intramusculares em forma de “Y” (BOSCOLO et al., 2001).

O hábito alimentar onívoro possibilita a formulação de rações com fontes proteicas vegetal, reduzindo os custos de produção. As proteínas são nutrientes de máxima importância, apesar dos peixes não possuírem exigência de proteína e sim de qualidade e quantidade de aminoácidos para a deposição de proteína muscular e outras proteínas corporais (WILSON, 2002). A nutrição adequada nas fases iniciais exerce grande influência, sendo pré-requisito básico para o sucesso nas fases subsequentes de cultivo. Rações fornecidas, principalmente nas fases iniciais, possuem elevados teores de proteína. El-sayed e Teshima (1992) recomendam um nível de 45% de proteína bruta (PB) para larvas de tilápia do Nilo. Para alevinos de 0,51g Al-hafedh et.al (1999)

indicam 40% de PB, e acima de 96g 30% PB. Em experimento com animais com peso inicial de 0,44 e final de 38,5g, Furuya, Hayashi e Furuya, (1996) observaram melhor desempenho com rações contendo 32,71% de PB.

Apesar de apresentar boa capacidade de utilização de fontes proteína proteicas vegetais, a tilápia do Nilo, nas fases iniciais onde à alta exigência de proteínas na dieta, requerem a utilização da farinha de peixe, em função do elevado teor de proteína e bom balanço de aminoácidos (NRC 2011). Contudo, em função do elevado custo da farinha de peixe busca-se fontes proteicas alternativas com qualidades similares, que resultem em boa produtividade.

2.2 Fontes de proteína

A carne de peixe está entre a fonte de proteína animal de maior consumo no mundo, e o mercado se encontra em grande expansão. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura – FAO (2014), a produção de pescado foi de 158 milhões de toneladas, dos quais 136,2 milhões de toneladas foram utilizados no consumo humano, enquanto a produção bovina foi de 59,6 milhões de toneladas, a de frangos de 86,1 milhões de toneladas e a suína de 110,606 milhões de toneladas.

Nas últimas décadas, a piscicultura brasileira passou por constantes transformações, uma vez que a pesca extrativista se encontra estagnada desde 2006, aproximadamente (AYROZA 2009). Sua consolidação no agronegócio é justificada pelo fato do Brasil ter potencial para se tornar o maior produtor mundial de tilápia, uma vez que apresenta grandes vantagens para o desenvolvimento da aquicultura: 5,5 milhões de hectares de reservatórios de água doce, clima favorável, terras disponíveis, mão de obra relativamente barata e crescente mercado interno (1º ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA 2014).

O consumo de pescado pelos brasileiros está aumentando. Em 2001 a média anual de consumo de peixes no Brasil era de 6,79 quilos por habitante, conforme dados do Ministério da Pesca - MPA (2015). Atualmente o consumo no país apresenta uma média de quase 10,1 quilos por habitante por ano (1º ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA 2014). Esse crescimento também é resultado de campanhas maciças no país para promover o consumo de peixe. Isso demonstra que a procura por alimentos mais saudáveis tem ganhado cada vez mais espaço, favorecendo o desenvolvimento da atividade piscícola.

Com o crescimento populacional, estimado em 9,7 bilhões de habitantes para 2050 (FAO, 2016), o consumo de proteína animal tende a seguir o mesmo desfecho, onde o aumento de 58% na demanda de carne é esperado (FAO 2011). A aquicultura é responsável por fornecer grande parte dessa demanda, uma vez que a população tem aumentado o consumo de alimentos que tragam benefícios a saúde, a ingestão de peixe representa 17% das proteínas animais (SOFIA 2016).

Por essas razões há um aumento na demanda de farinha de peixe a ser fornecida aos animais. Contudo, uma redução drástica do estoque pesqueiro é notória, devido aos danos provocados ao ambiente pela pesca marinha. Fenômenos climáticos como o El Niño em 2005 vieram somar com a redução da captura de anchovetas (TACON; METIAN, 2008), um dos principais peixes utilizados na produção da farinha de peixe. Em 2014 a falta de captura de peixes pelágicos no Chile impactou imensamente a produção de farinha de peixe elevando seu valor no mercado (FAO, 2014). Tendo em vista a redução dos estoques pesqueiros e a oscilações do preço da farinha de peixe, novas fontes proteicas devem ser utilizadas na aquicultura visando ganhos econômicos e sustentabilidade (BARROSO et al., 2014).

Em busca da substituição a farinha de peixe algumas farinhas vegetais destacaram-se, principalmente a farelo de soja (GATLIN et al., 2007). Porém, alguns fatores devem ser analisados, como a presença fatores antinutricionais (COLLINS, 2014), o que acarreta em decréscimo na digestibilidade, absorção de proteínas, vitaminas e minerais, além de apresentarem um desbalanço aminoacídico (TACON, 1993), principalmente deficiência de metionina e lisina quando comparada a farinha de peixe (FRANCIS;MAKKAR; BECKER, 2001). Outro fator não menos importante é o hábito alimentar do animal, onde a utilização da farinha vegetal pode levar à redução no desempenho produtivo principalmente de espécies carnívoras.

Outro ponto a ser abordado é o dispêndio de culturas alimentares, que poderiam ser utilizadas na alimentação humana, na formulação de rações para animais. Segundo Profeta (2008) 40 a 50% de todo grão produzido é destinado a cadeia produtiva animal. Outro ponto de extrema importância quando se fala de produção é quanto ao custo. A farinha soja é uma commodity que vem acumulando altas de preço nos últimos anos. Por estas razões, são necessárias buscas de outras fontes de nutrientes proteicos na cadeia produtiva animal de forma a reduzir a competição existente de culturas entre a alimentação humana e animal. Entretanto, ingredientes em potencial se fazem

necessário avaliar a qualidade, disponibilidade, presença de fatores antinutricionais ou tóxicos e a sua composição nutricional (VASCONCELLOS, 2010).

2.3 Farinha de Insetos

Os insetos tem uma grande potencial fonte proteica para a nutrição de animais. Uma vez que apresentam alta taxa de conversão alimentar se alimentam de resíduos orgânicos, produzem menos gases de efeito estufa necessitam de menor quantidade de que água e menor dependência extensões de terra comparado a pecuária convencional (FAO , ROMA 2015). Portanto, incentivar o estímulo de sua produção pode atenuar os danos ao meio ambiente, já que vários grupos de insetos podem ser criados em abundância em ambientes controlados.

Os insetos são seres vivos invertebrados que pertencem ao reino *Animalia*, ao filo *Arthropoda*, ao subfilo *Hexapoda* e à classe *Insecta*. Esta classe é dividida em duas subclasses principais: *Apterygota* e *Pterygota*. Na subclasse *Apterygota*, estão presente os insetos que não têm asas (ápteros) e que não sofrem metamorfoses (as formas imaturas são semelhantes às formas adultas), estando contido nesse grupo as ordens *Protura*, *Thysanura*, *Collembola*, *Microcoryphia*, *Diplura*. Por sua vez, à subclasse *Pterygota*, pertencem os seres vivos alados. Esta subclasse está dividida em *Exopterygota* e *Endopterygota*. Na subclasse *Exopterygota* estão presentes as ordens *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Orthoptera*, *Blattodea*, *Phasmida*, *Mantodea*, *Grilloblattaria*, *Isoptera*, *Plecoptera*, *Embiidina*, *Dermaptera*, *Psocoptera*, *Zoraptera*, *Phthiraptera*, *Thysanoptera* e *Hemiptera*, que são insetos hemimetábolos, ou seja, apresentam metamorfoses incompletas, compreendendo o desenvolvimento de ovo, ninfa e o estágio adulto ou imago, não sendo presenciada fase de pupa. As ordens *Neuroptera*, *Coleoptera*, *Strepsiptera*, *Mecoptera*, *Trichoptera*, *Lepidoptera*, *Díptera*, *Siphonaptera* e *Hymenoptera* pertencentes à subclasse *Endopterygota*, são conhecidos como holometabólicos. Apresentam metamorfose completa tendo seu desenvolvimento compreendido entre ovo, larva, pupa e adulto (FIGUEIREDO, 2009).

Os insetos já fazem parte da dieta natural de peixes de água doce e marinha (HOWE et al., 2014; WHITLEY; BOLLENS, 2014). Apresentam boas características nutricionais, devido ao elevado teor de proteínas (altamente digerível), são ricos em aminoácidos essenciais (altamente biodisponíveis), lipídios e vitaminas (VAN HUIS, 2013; FINKE, 2002).

Atualmente, os insetos têm sido considerados uma fonte promissora para a substituição de fontes proteicas na dieta animal (HENRY et al 2015). O primeiro relato da utilização de inseto é encontrado em 1919 com Lindner, onde mosca doméstica foi criada a fim de obter proteínas e gorduras para serem utilizadas em alimentos para animais.

Segundo Schabel (2010) os níveis de proteína nas farinhas de inseto variam de 50 - 82%, uma margem maior que o encontrado por Makkar et al. (2014). Entretanto ambos os valores se encontram próximos aos da farelo de soja. A tabela 1 demonstra a quantidade de proteína bruta presente em espécies de insetos das ordens *Blattodea*, *Coleoptera* e *Orthoptera*.

Tabela 1 - Proteína bruta descrita para diferentes espécies de insetos.

| ESPÉCIE | ORDEM | PROTEINA BRUTA (%) |
|------------------------------------|--------------|---------------------------|
| <i>Periplaneta americana</i> | Blattodea | 53.9 |
| <i>Analeptes trifasciata</i> | Coleoptera | 20.1 |
| <i>Aplagiognatus spinosus</i> | Coleoptera | 25.8 |
| <i>Arophalus rusticus</i> | Coleoptera | 20.1 |
| <i>Callipogon barbatum</i> | Coleoptera | 41.0 |
| <i>Chalcophora sp.</i> | Coleoptera | 30.5 |
| <i>Macroductylus lineaticollis</i> | Coleoptera | 63.8 |
| <i>Melolontha sp</i> | Coleoptera | 47.4 |
| <i>Metamasius spinolae</i> | Coleoptera | 69.1 |
| <i>Oileus rimador</i> | Coleoptera | 20.9 |
| <i>Oryctes boas</i> | Coleoptera | 26.0 |
| <i>Pachymerus nucleorum</i> | Coleoptera | 33.1 |
| <i>Passalus punctiger</i> | Coleoptera | 27.0 |
| <i>Paxilus leachei</i> | Coleoptera | 21.3 |
| <i>Phyllophaga sp.</i> | Coleoptera | 42.6 |
| <i>Rhantus atricolor</i> | Coleoptera | 71.1 |
| <i>Rhynchophorus palmarum</i> | Coleoptera | 25.8 |
| <i>Rhynchophorus phoenicis</i> | Coleoptera | 28.4 |
| <i>Scyphophorus acupunctatus</i> | Coleoptera | 35.5 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 53.1 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 54.6 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 47.2 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 47.8 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 52.7 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 66.3 |
| <i>Tenebrio molitor</i> | Coleoptera | 63.7 |

continua

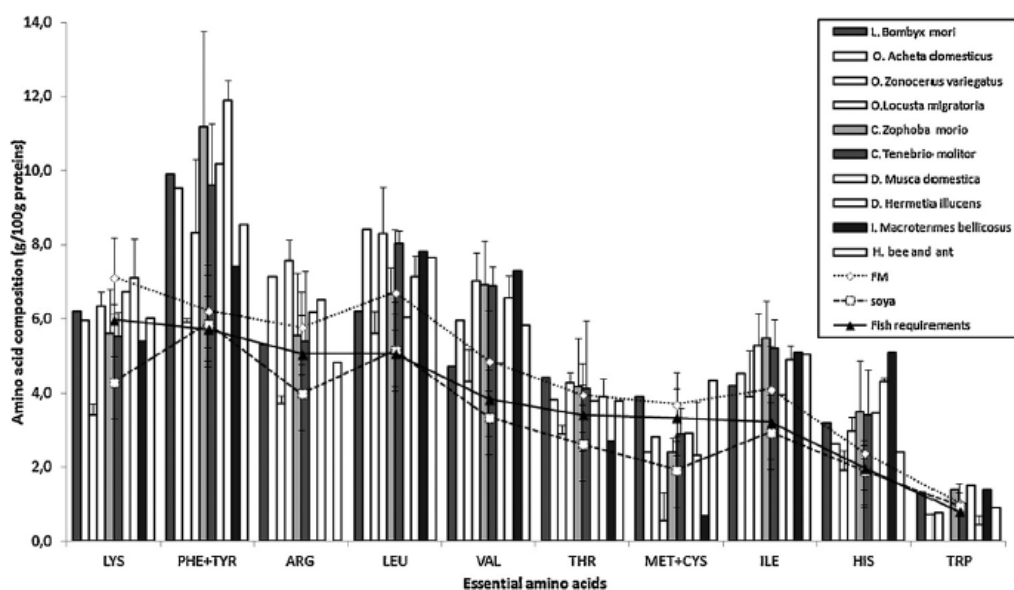
| ESPÉCIE | ORDEM | conclusão PROTEINA BRUTA (%) |
|------------------------------------|------------|------------------------------------|
| <i>Zophoba morio</i> | Coleoptera | 46.8 |
| <i>Acheta doméstica</i> | Orthoptera | 66.6 |
| <i>Acheta doméstica</i> | Orthoptera | 64.9 |
| <i>Acheta doméstica</i> | Orthoptera | 67.2 |
| <i>Boopedon flaviventris</i> | Orthoptera | 76.0 |
| <i>Melanoplus mexicanus</i> | Orthoptera | 77.1 |
| <i>Schistocerca sp.</i> | Orthoptera | 61.1 |
| <i>Sphenarium histrio</i> | Orthoptera | 74.8 |
| <i>Sphenarium purpurascens</i> | Orthoptera | 52,6 |
| <i>Trimerotropis pallidipennis</i> | Orthoptera | 62.9 |
| <i>Zonocerus variegatus</i> | Orthoptera | 26.8 |

Fonte: Adaptada de María-José Sánchez-Muros (2014).

Finke et al (1987) mencionam que a remoção da quitina melhora a qualidade da proteína da farinha de inseto, uma vez que algumas das proteínas estão ligadas à quitina. Sua remoção antes da formulação resultou no aumento da digestibilidade dos nutrientes para ratos, sendo que a alimentação com farinha de Grilo (*Acheta domesticus*) tiveram valores de digestibilidade iguais ou superiores à proteína de soja.

Contudo, mesmo apresentando uma alta porcentagem de proteína bruta a qualidade e a quantidade dos aminoácidos presentes na farinha de inseto são cruciais. Apesar de serem ricos em aminoácidos essenciais, muitos autores (FINKE 2002; BARROSO 2014) mencionam uma deficiência em metionina, cistina, histidina, lisina e treonina. Contudo, Henry et al. (2015) mencionam que o perfil aminoacídico do inseto dependerá muito de sua ordem taxionômica, e em geral apresentam uma boa correlação com os valores de exigência para peixes (HASAN, 2000; NRC, 2011; ALEGBELEYE et al., 2012) e, em alguns casos, superam esses requisitos como no caso de bicho da seda domesticados, *Bombyx mori* e *Tenebrio molitor*, o que não é visto em fontes vegetais. Ainda Henry et al. (2015) apresentam um aminograma (FIGURA 1), correlacionando o requerimento de aminoácidos pelos peixes e a quantidade presente na soja, na farinha de peixe e nos insetos. As fontes vegetais apresentam uma deficiência em lisina, metionina e leucina (HALL, 1992), que são os aminoácidos limitantes mais frequentes.

Figura 1 - Composição de aminoácidos essenciais disponíveis (g / 100g proteína) de insetos, farinha de peixe e farelo de soja correlacionados ao requerimento aminoacídico em peixes



Fonte: Henry et al. (2015)

Quando comparados aos mamíferos, os peixes apresentam necessidades energéticas menores (FINKE, 2002), sendo que uma alta inclusão de lipídeos na dieta pode acarretar em grandes perdas econômicas. Na literatura, a percentagem de extrato etéreo da farinha de peixe é de 8,2%, da farelo de soja 3,0%, e na farinha de inseto esse valor pode variar de 10 a 30% (DEFOLIART, 1991). As variações lipídicas e de ácidos graxos dos insetos dependem da sua ordem taxonômica e de seu estágio de desenvolvimento, mas principalmente da dieta fornecida ao longo de seu crescimento (BARROSO et al., 2014). A farinha de peixe tem altos níveis de Ácidos graxos altamente insaturados (HUFAs), especialmente 20:5n3 ácido eicosapentaenóico (EPA) e 22:6n3 ácido docosahexaenóico (DHA) enquanto que insetos terrestres são deficientes em 20:5n3 (EPA) e 22:6n3 (DHA), e insetos aquáticos em 22:6n3 (DHA) (SANCHEZ, 2014). A falta de EPA e DHA limita o uso da farinha de insetos, uma vez que peixes tem uma alta exigência desses ácidos graxos (TRAN;HEUZÉ;MAKKAR, 2015). Muitos trabalhos mencionam a possibilidade da inclusão de resíduos de peixes nas dietas de insetos para melhorar o perfil de ácidos graxos. St-hilaire et al. (2007) utilizaram uma mistura de 50:50 de esterco de vaca e resíduos de peixe na alimentação de larvas de mosca soldado negra. Ao final observaram um aumento no nível de ácidos graxos ômega-3 de 0,2% para 2% (base de ácidos gordos totais) e de 20 para 31% de

extrato etéreo (base em matéria seca). Sealey et al. (2011) alimentaram dois grupos pupa de *Black Soldier Fly* com estrume de vaca, sendo que no último mês um grupo foi suplementado com 25 e 50% de resíduos de peixe. O grupo suplementado apresentou maior quantidade de EPA e DHA, demonstrando que os insetos podem incorporar EPA e DHA provindos da dieta. Resultados semelhantes foram encontrados por St-hilaire et al. (2007) onde a alimentação de pupa de *Black Soldier Fly* com 22% de resíduo de peixes por 24 horas resultou em efeito substancial na quantidade de EPA e DHA.

Os perfis minerais e vitamínicos dos insetos são dependentes de sua taxonomia. De forma geral, os níveis de cálcio e potássio da farinha de inseto são inferiores quando comparado aos da farinha de peixe (DEFOLIART, 1992; FINKE, 2002; BANJO et al., 2006; SCHABEL, 2010; RUMPOLD; SCHLUTER, 2013). Ramos - elorduy et al. (2002) suplementando larvas de insetos com diferentes resíduos orgânicos observaram diferenças na composição de vitaminas e minerais das larvas.

Poucos estudos são encontrados que avaliem a substituição da farinha de peixe por farinha de insetos, uma vez que a qualidade nutricional da farinha de peixe é inquestionável. Contudo, a farinha de insetos apresenta grande potencial como ingrediente proteico na alimentação animal, não só em questões nutricionais, mas também ecológicas e de produção. Não são necessárias terras aráveis para sua produção e tem pouca demanda por energia e água (OONINCX; BOER, 2012). Além disso, os insetos não competem por recursos alimentares humanos e podem se alimentar de partes não comestíveis das plantas (RAMOS-ELORDUY et al., 2006), transformando rapidamente resíduos orgânicos de baixa qualidade, como restos de alimentos e esterco, em biomassa de alto valor biológico (VAN HUIS et al., 2013). Eles são capazes de reduzir a massa de resíduos nitrogenados em 30-50% e de resíduos fosforados em 61-70% (VAN HUIS, 2013), contribuindo para a sustentabilidade na produção animal.

Dentre as ordens de inseto mais cultivadas as ordens *Blattariae*, *Coleoptera* e *Orthoptera* mostram maior potencial para ser utilizadas na cadeia produtiva animal.

2.3.1 BLATTARIAE

2.3.1.1 BARATA CINÉREA

A barata Cinérea (FIGURA2) pertence ao filo *Artropodes*, classe *Insecta*, ordem *Blattariae*, família *Blaberidae*, nome científico *Nauphoeta Cinérea* (OLIVIER, 1789). É nativa do leste da África, abaixo da linha Equador. A atual distribuição natural é nas regiões tropicais do mundo, incluindo América do Sul, Cuba, Antilhas, México, Ilhas

Galápagos, Havaí, Austrália, Filipinas, Indonésia, Malásia, Singapura, Ilhas Maurício e Madagascar. Também ocorre nos EUA em torno de Tampa na Flórida.

Figura 2 - *Nauphoeta Cinérea* (Barata Cinérea)



Fonte: Safari

A barata Cinérea não é uma espécie ameaçada e também não é considerada praga agrícola. São onívoras e aceitam tanto alimentos de origem animal quanto vegetal. Vivem aproximadamente um ano, com a realização de oito ecdises em média durante este período. Apresentam metamorfose incompleta, passando pelos estágios de ovo, ninfa e adultos, com a ausência do estágio imóvel (pupa).

São raros os estudos avaliando a utilização de Cinérea na produção animal, principalmente em peixes. Nenhum dos estudos realizados até o presente momento focou na avaliação da digestibilidade da barata Cinérea. Freccia et al. (2016) avaliaram o desempenho zootécnico, somático e parâmetros hematológicos de alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, alimentados com dietas contendo níveis crescentes (0%, 5%, 10%, 15% e 20%) de inclusão de farinha de inseto (*Nauphoeta Cinérea*). Não foi observada diferença significativa para os parâmetros de desempenho produtivo, eritrocitários e leucocitários nos diferentes tratamentos. Por sua vez, as concentrações de proteína plasmática total foram superiores nos peixes alimentados com as dietas contendo 10, 15 e 20% de inclusão de farinha de inseto quando comparado ao tratamento controle e 5% de farinha de inseto ($p < 0,05$).

2.3.1.2 BARATA MADAGASCAR (*Gromphadorhina portentosa*)

Comumente conhecida como Barata de Madagascar (FIGURA 3) (*Gromphadorhina portentosa*), é uma das maiores espécies de barata, pertence a ordem *Blattariae* e família *Blaberidae*. São originárias da ilha de Madagascar onde podem ser encontradas em troncos apodrecidos.

Figura 3 - *Gromphadorhina portentosa* (Barata Madagascar)



Fonte: Safari

Até o momento não se encontram trabalhos com a utilização da barata Madagascar como alimento para peixes, e são poucos estudos na literatura sobre sua utilização na cadeia de animal.

Pesquisas relacionadas à composição química da barata de Madagascar foram realizadas por Ooninx e Dierenfeld (2012). Tais autores alimentaram dois tipos de indivíduos *Gromphadorhina portentosa*, jovens (1.5–3.5 cm) e na fase adulta (4.0–6.0 cm), com duas dietas: uma a base de biscoitos de roedores de laboratório (Roent Block, Purina Mills, St. Louis, MO) e a outros alimentos secos para cães (Purina HiPro) suplementados com alface, maçãs e batatas-doces. Ao final do experimento determinou-se a composição corporal dos indivíduos resultando nos valores de 30,83 e 38.95%, para matéria seca, 63,35 e 62.52% proteína, 20,30 e 24.56% extrato etéreo, 8,49 e 4.06% cinzas e 13,12 e 10.22 FDA para os animais jovens e animais na fase adulta respectivamente.

Lisenko, (2017) utilizou farinha de madagascar na alimentação de cães e gatos, em diferentes níveis de inclusão 7,5% e 15%. O ensaio de digestibilidade de gatos, resultou que os coeficientes de digestibilidade aparente dos macronutrientes não diferiram ($p > 0,05$) entre os demais tratamentos e em relação à dieta controle. Entretanto para o coeficiente de digestibilidade da quitina (CDAQ) em gatos houve diferenças nas dietas teste, quando comparado ao controle ($p < 0,05$), sendo maior para os animais alimentados de farinha de madagascar . E houve diferença ($p < 0,05$) no coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo em hidrolise ácida em cães, das dietas quando comparado ao controle. Carvalho (2017) avaliou o efeito reprodutivo de calopsitas alimentadas com farinha de madagascar, obtendo uma melhora, podendo ser

utilizada como fonte alternativa de proteína em substituição à ração comercial em 6,6%.

2.3.2 COLEOPTERA

2.3.2.1 TENEBRIO MOLITOR

A larva-da-farinha ou tenébrio é o nome comum dado às larvas do *Tenebrio* (FIGURA 4), que dão origem ao besouro do gênero *Tenebrio*, família das *Tenebrionidae*, da ordem *Coleóptera* (COSTA LIMA, 1952). Existem dois tipos besouros desta família que dão origem as larvas usadas tanto na alimentação humana como no animal, uma é o besouro amarelo (*T. molitor* Linnaeus, 1758) e outro o besouro escuro e minúsculo (*T. obscurus* Fabricius, 1792). No Brasil, a Família *Tenebrionidae* é composta por 147 gêneros e 1.234 espécies (LAWRENCE ; NEWTON, 1995). Os tenebrionideos podem variar de milímetros a centímetros. Possuem hábitos noturnos e geralmente vivem em ambientes xerofílicos podendo ser encontrados em regiões desertas (COSTA LIMA, 1952).

As larvas de *T. molitor* são um dos alimentos mais comuns para mamíferos de cativeiro, aves, répteis e anfíbios porque são fáceis de propagar, colher e alimentar (KLASING et al., 2000).

Figura 4 - *Tenebrio molitor* (Tenebrio Comum)



Fonte: Nutrinsecta

São considerados praga típica de farináceos, e apresentam um grande impacto na indústria alimentícia (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). Mais de 500 espécies de *T. molitor* são encontradas associadas a produtos armazenados, principalmente grãos (MOUND, 1989; HAINES, 1991). São utilizadas vivas na alimentação, mas podem ser encontradas secas comercialmente. Segundo a FAO (2013) a farinha de larvas de tenébrio é uma fonte promissora de proteína, e já está sendo produzida em escala industrial. As larvas são onívoras e podem comer todos os tipos de materiais vegetais, bem como produtos de origem animal, como carne e penas (RAMOS-ELORDUY et al., 2002). São tipicamente alimentadas com farelo de cereais ou trigo (trigo, aveia, milho)

suplementados com fontes de proteína, como farelo de soja, leite em pó desnatado ou levedura. Frutas e vegetais frescos (cenoura, batata, alface) (HARDOUIN; MAHOUX, 2003). Têm a capacidade de reciclar resíduos orgânicos de baixa qualidade em alimentos de alta qualidade ricos em energia, proteínas e gorduras em um tempo relativamente curto. Contém, em base de matéria seca, quantidades elevadas de proteína bruta (47-60%) e lipídeos (31-43%) e teor relativamente baixo de cinzas (> 5%) (MAKKAR et al., 2014), sendo que estes valores podem sofrer influência conforme sua alimentação (ST-HILAIRE et al., 2007; KROECKEL et al., 2012).

Na literatura é possível encontrar trabalhos com substituição tanto da farinha de peixe como da de soja por farinha de *Tenebrio molitor* para várias espécies de peixes (BELFORTI et al., 2016; RONCARATI et al., 2015; SÁNCHEZ-MUROS et al., 2016). Contudo, até o momento, apenas um trabalho foi realizado para avaliar a digestibilidade da farinha de tenebrio para tilápia do Nilo, sendo esta in vitro (SANCHEZ et al., 2016).

Para catfish africano (*C. gariepinus*), utilizando 40% de farinha de tenebrio em substituição à farinha de peixe, observou-se dados de desempenho, crescimento e eficiência alimentar semelhante àqueles obtidos com a dieta controle. No tratamento com 80% de substituição, os peixes apresentaram um maior percentual de lipídeos na carcaça quando alimentados com a farinha de tenebrio (NG et al., 2001). Sanchez et al. (2015) formularam três dietas com diferentes proporções de farelo de soja (FS), farinha de peixe (FP) e farinha de Tenebrio (FT) para tilápia. Os resultados indicaram que a inclusão de até 500 g kg⁻¹ de FT na dieta não afetou a digestibilidade in vitro das proteínas. No entanto, reduziu o crescimento dos peixes. Em Truta arco-íris (*O. mykiss*) alimentadas com dietas contendo 25 e 50% de substituição de farinha de peixe por farinha de tenebrio, até 50% de substituição não afetou o desempenho dos peixes (Gasco et al., 2014a). O mesmo não foi verificado por Belforti et al (2016) em truta arco-íris, ambos com peso inicial dos animais 115 gramas. Em *Dicentrarchus labrax*, segundo Gasco et al. (2014b) até 25% de inclusão de farinha de tenebrio não afetou o ganho de peso, mas quando utilizado 50% observou-se redução no crescimento, taxa de crescimento específico e consumo de ração pelos peixes. Além disto, a inclusão da farinha de tenebrio também promoveu alterações na composição de ácidos graxos e extrato etéreo da carcaça dos peixes. Para blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*) Iaconisi et al. (2017) avaliaram os efeitos da substituição de farinha de peixe por 25 e 50% de farinha de *Tenebrio molitor*. Os parâmetros zootécnicos de consumo diário, índice de conversão alimentar e a taxa de crescimento específico não foram afetados.

Piccolo et al. (2017) avaliando o desempenho produtivo e digestibilidade em juvenis de dourada (*Sparus aurata*) alimentados com dietas contendo farinha de tenebrio em níveis de 0, 25% e 50% de substituição à farinha de peixe, observaram que níveis de até 25% de substituição não promoveram efeitos negativos no peso final dos peixes. Quanto aos coeficientes de digestibilidade aparente, o tratamento controle mostrou maior coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca, extrato etéreo e proteína em comparação aos outros tratamentos. Houve uma redução mais expressiva na digestibilidade dos nutrientes para os peixes alimentados com a dieta contendo 50 % de inclusão de farinha de tenebrio.

A farinha de larvas de Tenebrio se mostra como um ingrediente alternativo promissor à farinha de peixe e à farelo de soja. Entretanto sua utilização é recente, o que requer mais estudos quanto ao nível de inclusão e aceitação nas mais variadas espécies de peixes de interesse comercial.

2.3.2.2 ZOPHOBAS MORIO

O Zophobas (FIGURA 5) é amplamente utilizado na alimentação de animais de cativeiro, principalmente espécies insetívoras, devido ao fácil cultivo e o valor nutricional de suas larvas (SHULTE, 1996), podendo ser encontrada na literatura com os nomes Superworms, King Worms, Morio Worms. O Zophobas (Fabricius, 1776) também pertence à família das *Tenebrionidae*, da ordem *Coleoptera* (Costa Lima, 1952). Assim como o tenebrio molitor o Zophobas é considerado praga de farináceos. Deve-se tomar cuidado ao adquirir as larvas de Tenebrio Gigante no mercado, pois muitos vendem a larva de *Tenebrio molitor* pulverizada com hormônio.

Jabir, Jabir e Vikineswary (2012) determinaram a composição bromatológica dessa ordem, achando 92,49% de matéria seca 47,43% de proteína bruta, 40,01% de extrato etéreo e 3,54% de cinzas. Barroso et al. (2013) encontraram 53,5% de proteína bruta, 38% extrato etéreo e 2,5% de cinzas e Finke (2002) 46,8%; 42%; 2,4% respectivamente. Essa diferença pode ocorrer devido ao tipo de alimentação fornecido e ao estágio de desenvolvimento do animal.

Apesar de a ordem Zophobas ser considerada promissora a substituição da farinha de peixe, somente um trabalho na literatura é encontrado como fonte alternativa na dieta de peixe. Jabir, Jabir e Vikineswary (2012) alimentaram juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) com cinco dietas diferentes, sendo um controle e as demais dietas contendo níveis crescentes 7,5%; 15%; 22,5% e 30% de inclusão de farinha de

tenebrio em substituição a farinha de peixe. Os peixes alimentados com 7,5% e 15% de farinha de *Tenebrio Gigante* obtiveram valores mais elevados de ganho peso, taxas de crescimento específico, melhor conversão alimentar, bem como índice de eficiência proteica. Há inclusão de 22,5% não mostrou diferença significativa em relação aos peixes alimentados com FP. Contudo a inclusão de 30% reduziu significativamente o crescimento dos peixes em comparação com os peixes alimentados com FP.

Figura 5 - *Zophoba morio* (Tenebrio Gigante)



Fonte: Nutriinsecta

2.3.3 ORTHOPTERA

2.3.3.1 GRILO

Os Grilos (FIGURA 6) pertencem à família *Gryllidae* juntamente com os gafanhotos (principalmente *Acrididae* e *Pyrgomorphidae*) e fazem parte da ordem *Orthoptera*. Os Grilos são muito utilizados na alimentação humana principalmente na África e Ásia (MAKKAR, 2014). Na África (Norte, Oeste, Sahel e Madagáscar), Austrália e Médio Oriente são considerados uma das principais pragas para as lavouras.

Figura 6 - Grilo (*Gryllidae*)



Fonte: Safari

Quanto a composição corporal, em geral apresentam 50-65% de proteína bruta, matéria seca 23-35%, extrato etéreo 5-20%, fibra 12-22%, pobres em cálcio, porém estes valores podem variar dependendo do estágio e tipo de alimentação (FINKE, 2002).

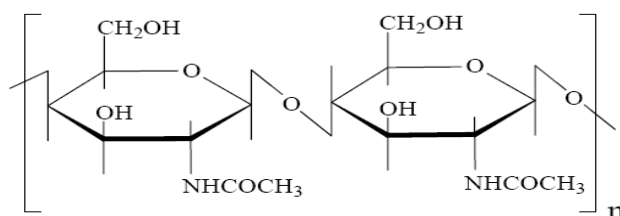
Na literatura não há relatos da utilização de Grilos (*Gryllidae*) na alimentação de peixes, mas é possível encontrar trabalhos com gafanhotos que pertencem à mesma família. Em estudos com *Clarias batrachus* alimentadas com gafanhotos secos Reeta; Rakhi; Johri, (2010; 2011a; 2011b) não notaram efeito nos parâmetros hematológicos, mas observaram um pequeno encolhimento das brânquias, bem como redução da esteroidogênese ovariana, o que pode prejudicar a fertilidade. Abanikannda (2012) e Emehinaiye (2012) observaram que a farinha de gafanhoto migratório (*L. migratoria*) pode substituir em até 25% da farinha de peixe em dietas isoproteicas para alevinos de tilápia do Nilo sem qualquer efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes, o desempenho produtivo e os parâmetros hematológicos. Balogun (2011) trabalhando com catfish *C. gariepinus*, não observou redução significativa no crescimento deste animais quando alimentadas com até 25% de inclusão de farinha de gafanhoto do deserto (*S. gregaria*). O mesmo foi evidenciado por Alegbeleye et al. (2012) para *C. gariepinus* alimentadas com dietas contendo até 25% de inclusão de farinha de gafanhoto (*Zonocerus variegatus*), porém com taxas de inclusão mais elevadas (50% a 100%) houve diminuição na digestibilidade dos nutrientes.

Estudos envolvendo a utilização de Grilo como ingrediente em dietas para peixes são escassos e se fazem necessário para que se evidencie seus efeitos no metabolismo destes animais. Já em outras culturas de animais é possível encontrar estudos que avaliem a utilização do Grilo como componente dietético. Em frangos de corte alimentados durante 21 dias com uma dieta a base de 62% de grãos de milho e 30% de Grilos observou-se melhor crescimento quando comparados aos animais alimentados com a dieta controle baseada de milho, farinha de peixe e farinha de carne e ossos (DEFOLIART;FINKE;SUND,1982). Finke et al. (1985) realizaram uma substituição total da farelo de soja pela farinha de Grilo para frangos de corte, usando os percentuais de substituição de 28% (1-3 semanas), 22% (4-6 semanas) e 18% (7-8 semanas) em comparação a uma dieta milho-soja. Não houve diferenças significativas no ganho de peso, na conversão alimentar bem como no sabor da carne das aves. O contrário foi observado por Nakagaki, Sunde e Defoliart (1987) onde a substituição do milho por 25% de Grilos propiciou maiores consumo e ganho de peso de frangos de corte.

2.4 QUITINA

A quitina (FIGURA 7) foi descoberta em 1811 pelo Professor M.HENRI BRACONNOT nas paredes celulares dos cogumelos, sendo nomeada de fungo. Anos mais tarde, ODIER (1823) identificou a mesma estrutura em exoesqueleto de inseto e a nomeou de quitina. A quitina é um polissacarídeo estrutural composto por ligações β -(1-4) ligando resíduos de N-acetilglucosamina. Estima-se como sendo a segunda biomassa mais abundante no mundo após a celulose Ringo et al. (2012).

Figura 7 - Estrutura da quitina



Fonte: Azevedo (2007)

Pode ser encontrada nos revestimentos de muitas espécies, na parede celular da maioria dos fungos (DEBONO;GORDEE, 1994), na bainha microfilária de nematóides parasitas (FUHRMAN;PIESSENS, 1985), no exoesqueleto de todos os tipos de artrópodes (NEVILLE; PARRY; WOODHEAD-GALLOWAY 1976) e no revestimento do intestino de muitos insetos (SHAHABUDDIN et al. 1993; BENEDITO FILHO et al, 2002).

Está presente em três formas α , β , δ na natureza. A α -quitina é a mais abundante e a mais estável (RUIZ- HERRERA, 1991), sendo encontrada em carapaças de artrópodes, o que caracteriza sua rigidez.

Sua degradação é catalisada por um sistema de enzimas quitinolíticas encontradas em uma grande variedade de organismos vivos que envolvem a ação principal da enzima quitinase. A quitinase foi isolada de bulbo de orquídeas e descrita pela primeira vez por Bernard em 1911 (FLACH; PILET;JOLLES, 1992). Em 1929, Karrer e Hoffmann encontraram essa enzima em caracóis. Mas tarde, em 1958, Berger e Reynolds identificaram a quitinase em microrganismos. Esta enzima também foi

identificada em insetos nos anos de 1955 e 1961 por Jeuniaux e Waterhouse em vertebrados também no ano de 1961 por Jeuniaux (POWNING 1965).

O modo de ação e a classificação da quitinase irão depender de seu substrato. Atualmente as enzimas quitinolíticas são classificadas pela nomenclatura enzimática oficial em três tipos. As endoquitinases, mais conhecidas como quitinase, que catalisam a quebra de ligações β -1,4 de N-acetilglucosamina (GlcNac) liberando produtos oligossacarídeos de tamanho aleatório como quitotetraoses, quitotriose e diacetilquitobiose. As enzimas exoquitinases conhecidas como N-acetilglucosaminidases, que atuam a partir da porção não-redutora clivando a quitina em monômeros de N-acetilglucosamina (TRONSMO; HARMAN, 1993; CIFALI ;DIAS FILHO, 1999; COHEN;CHET, 1998; BENEDITO FILHO et al., 2002). E por fim as exoglicosidases, conhecidas como N-acetil- β -D-glucosaminidases que hidrolisam componentes O-glicosídicos, removendo resíduos terminais não-redutores de N-acetil- β -D-glucosamina, (HORSCH et al., 1997).

Rust (2002) e Piccollo (2017) mencionam que a quitina não é digerível por animais monogástricos, incluindo peixes, devido a uma reduzida atividade enzimática, contudo essa afirmação não corrobora com Jeuniaux (1993) e Krogdahl (2005). Esses autores afirmaram que essas enzimas são encontradas em vários órgãos e tecidos de peixes (monogástricos), como no trato digestivo, participando do metabolismo de carboidratos, independentemente dos hábitos alimentares. Rota (2003) menciona que peixes que se alimentam de insetos ou crustáceos contêm uma grande concentração de quitinases em seu suco pancreático, o que é de se esperar quando o peixe está em seu habitat natural. Além da baixa atividade de enzimas quitinolíticas, a disposição da matriz de quitina pode ser outro fator que justifique o baixo aproveitamento da quitina pelos monogástricos e uma redução no aproveitamento de proteínas e lipídeos (KRAMER et al., 1995). Segundo estes autores, a quitina encontrada na cutícula dos insetos é composta por uma matriz de proteínas, lipídeos e outros compostos, que pode reduzir o acesso de quitinases ou proteinases aos seus substratos, impedindo a absorção de proteínas e lipídeos pelo intestino (TANAKA et al., 1997), o que pode levar a redução do aproveitamento de nutrientes e diminuição dos parâmetros zootécnicos.

Shiau e Yu (1999) alimentaram juvenis de tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus* \times *O. aureus*) com dietas contendo 0, 2, 5 e 10% de quitina, observaram menores ganho de peso corporal nos peixes alimentados com dietas contendo quitina do que nos peixes alimentados com a dieta controle, independentemente do nível de suplementação.

Quanto ao aproveitamento de nutrientes, a digestibilidade da matéria seca e de extrato etéreo foi menor nos peixes alimentados com a dieta de 10% de quitina quando comparado ao controle. Em carpa comum (*Cyprinus carpio*), a suplementação de 10 g.kg⁻¹ de quitina não teve efeito sobre a taxa de crescimento dos peixes (GOPALAKANNA;ARUL 2006). Mohan, Bhanja e Basade (2009) trabalhando com duas espécies de ciprinídeos, observaram que inclusões de 2% de quitina em golden mahseer (*Tor putitora*), não afetaram a taxa de crescimento. Já em *Schizothorax richardsonii*, 2% de quitina aumentou significativamente o crescimento dos peixes. Lellis e Barrows (2000) suplementando 6% de quitina relatou aumento no crescimento de juvenis de truta arco-íris.

A quitina é encontrada em fontes proteicas alternativas utilizadas em dietas para organismos aquáticos na substituição principalmente da farinha de peixe e farelo de soja, como as farinhas de krill e de inseto. Utilizando 20 a 60% de farinha de Krill em salmonídeos (*Salmo salar*) Olsen et al. (2006) obtiveram aumento no crescimento dos peixes nos primeiros 71 dias e uma redução na utilização dos lipídeos da dieta para todas as percentagens de inclusão de farinha de Krill (20%, 30%, 60%,80% e 100%). A truta arco-íris se mostra ineficiente em digerir a quitina (Buddington, 1980). Wojno e Dabrowska (1984) verificaram uma redução no crescimento dessa espécie quando alimentadas com altos níveis de farinha de Krill.

Quanto à inclusão de farinha de inseto, Belforti et al. (2016) em experimento com trutas alimentadas com dietas contendo 25 e 50% de inclusão de farinha de tenebrio molitor, observaram diminuição da digestibilidade aparente da proteína bruta, o que pode ser reflexo da quantidade de quitina presente nas dietas. Piccolo et al. (2014) também observaram uma redução na digestibilidade de proteína bruta em *Sparus aurata* alimentados com 50% de farinha de tenebrio molitor. Saeley (2011) e Henry et al. (2015) afirmam que a redução nos índices zootécnicos deve ser atribuída à deficiência de aminoácidos da farinha de tenebrio e não devido ao teor de quitina.

Muito ainda tem que ser estudado sobre os efeitos da inclusão de farinha de insetos nos parâmetros zootécnicos e fisiológicos das várias espécies de peixes com interesse comercial, assim como sobre a influência da quitina no metabolismo animal e a real presença de enzimas quitinolíticas capazes de atuar no aproveitamento desse polissacarídeo.

2.5 DIGESTIBILIDADE

A digestibilidade fornece o grau ao qual o alimento ingerido e seus nutrientes foram digeridos e absorvidos pelos animais (OGUNJI, 2009). Os primeiros relatos de estudos de digestibilidade em animais aquáticos foram feitos em 1877, por Homburger (HEPHER, 1988).

Conhecer a digestibilidade dos ingredientes é de extrema relevância para avaliar a capacidade de uma determinada espécie em utilizar os nutrientes e para formular uma ração com o máximo de aproveitamento (BOSCOLO; HAYASHI ;MEURER, 2002). Para se avaliar o potencial de inclusão de um determinado ingrediente na ração para peixes, uma das principais medidas a ser tomada é a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (NASCIMENTO, 2011).

O valor nutritivo de uma ração para peixes depende entre outros fatores da espécie, condição ambiental, diâmetro das partículas que constituem o alimento ingerido, da atividade das enzimas digestivas e do tempo de exposição do alimento no sistema digestório (NASCIMENTO, 2011; NRC, 2011). Rações com alto coeficiente de digestibilidade resultam em uma melhor conversão alimentar, maximizando os lucros e, principalmente, diminuindo o impacto ambiental que alguns desses ingredientes podem provocar ao meio aquático (PEZZATO et al., 2002).

Dois métodos vêm sendo amplamente utilizados para se obter o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes presentes nas rações, o método direto e o indireto. O método direto contabiliza todo o alimento consumido e a coleta de toda excreta eliminada pelo animal. Na aquicultura, devido à dificuldade na coleta total de fezes, o método indireto é o mais utilizado, onde se realiza uma coleta parcial das excretas. Esse método utiliza como referência indicadores inertes incluídos nas dietas, nas concentrações de 0,5 ou 1,0%. O indicador mais comum é o óxido de cromo (Cr_2O_3), mas outros tipos de indicadores também podem ser utilizados (NRC, 2011), como óxido de titânio, carbonato de bário e lítio.

A digestibilidade de um determinado nutriente envolve a determinação do teor desse nutriente no alimento e a estimativa de quanto ele foi assimilado, com o auxílio do indicador. A digestibilidade aparente da ração (equação 1) e dos nutrientes (equação 2) podem ser determinadas, segundo Nose (1966) e Reight et al. (1990) respectivamente:

$$\text{CDA r (\%)} = 100 - \left(\frac{\% \text{ indicador no alimento}}{\% \text{ do indicador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ de nutrientes nas fezes}}{\% \text{ de nutrientes no alimento}} \right) \times 100 \quad (\text{equação 1})$$

Onde:

CDA r: Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na ração

$$\text{CDA ing (\%)} = \left(\frac{100}{x} \right) * \left(\left(\frac{\text{teste}}{100} \right) - \left(\frac{y}{100} \right) \right) * \left(\frac{\text{referencia}}{100} \right) \quad (\text{equação 2})$$

Onde:

CDA ingrediente: Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente no ingrediente.

X = Porcentagem de inclusão do ingrediente na dieta teste.

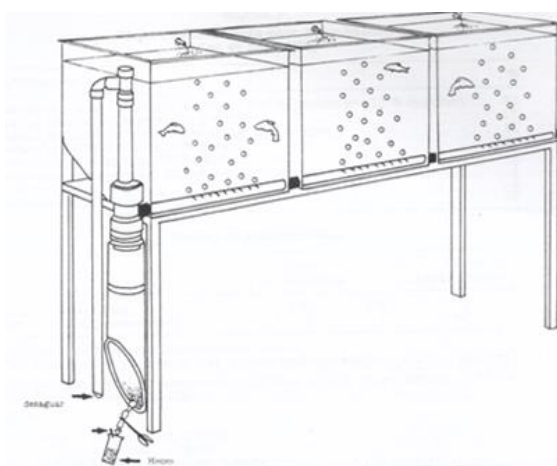
Y = Porcentagem de dieta referência.

Teste = Digestibilidade aparente do nutriente presente na dieta teste.

Referência = Digestibilidade aparente do nutriente presente na dieta referência.

A coleta de fezes é o procedimento que exige maior atenção e precisão em experimentos de digestibilidade, independentemente da escolha do método. Segundo CAstagnolli (1979), a coleta pode ser realizada diretamente do tubo digestivo por extrusão manual, o que pode superestimar os coeficientes de digestibilidade. Cho et al. (1985) e Cho (1987) propuseram o sistema Guelph (FIGURA 7) para a determinação da digestibilidade em peixes, que consiste basicamente em aquários com fundo inclinado. Um cano de esgoto é ligado ao fundo inclinado dos aquários e uma tubulação é colocada para encaminhar as fezes eliminadas nas unidades, para uma coluna de sedimentação de acrílico. A base da coluna de sedimentação pode ser inserida em recipiente com gelo para permitir o resfriamento e, minimizar a degradação do material fecal. A velocidade do fluxo de água pode ser ajustada para maximizar a recuperação das fezes na coluna de acrílico e minimizar a sua sedimentação ao longo da tubulação.

Figura 8 - Sistema de Guelph



Fonte Thiago Matias Torres do Nascimento Unesp

No Brasil, o método mais utilizado é por decantação ou sistema de Guelph modificado (FIGURA 9). O método de Guelph modificado é semelhante ao convencional. O sistema de escoamento é realizado por meio de um cano lateral que conduz o excedente de água para fora do aquário coletor. No fundo do aquário é acoplado um recipiente com controle de válvula, onde após a alimentação essa válvula é aberta para recolher amostra fecal. (ABIMORAD;CARNEIRO, 2004; SAKOMURA ;ROSTAGNO, 2007).

Figura 9 - Sistema de Guelph Modificado



Fonte Thiago Matias Torres do Nascimento Unesp

3 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) e no Laboratório Central de Pesquisa Animal (LCPA/ DZO), Lavras, MG. O mesmo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) número 107/2017.

3.1 Manejo e dietas experimentais

Seis dietas foram formuladas com diferentes farinhas de inseto, sendo 1 dieta controle com ração comercial e 5 dietas experimentais (teste) contendo 20% do ingrediente teste (farinhas de Madagascar, Cinérea, Tenebrio Comum, Tenebrio Gigante e Grilo) e 80% de uma dieta referência. 900 larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), com peso médio de 3g, foram distribuídas aleatoriamente em 18 tanques de

digestibilidade, em um total de 50 peixes por tanque. Adotou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com seis tratamentos e três repetições.

O ensaio de digestibilidade foi realizado em um sistema de recirculação de água com caixas de fibras de vidro de 250L adaptadas ao sistema de Guelph modificado com controle termostático de temperatura de água, filtro mecânico e lâmpada UV, no setor de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras – Departamento de Zootecnia.

O fornecimento da ração foi realizado duas vezes ao dia (08:30 h e 14:00 h) até a saciedade aparente. Os animais passaram por adaptação as instalações e as dietas experimentais por 10 dias. Ao finalizar a alimentação das 14 horas, os tanques foram limpos. Posteriormente, na saída de água de cada tanque acoplou-se tubos para a coleta de fezes. Diariamente as 8:00 h os tubos de coleta eram retirados, e as fezes secas em estufa de circulação forçada à 60°C durante 36 horas e em seguida armazenados sob refrigeração. As fezes foram recolhidas ao longo de 15 dias.

Utilizou-se para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), a metodologia indireta proposta por Cho e Kaushik (1990), tendo como indicador 0,1% de óxido crômico (Cr_2O_3) na mistura final dos ingredientes. Posteriormente, as dietas foram pelotizadas e secas em estufa com ventilação forçada à 50°C por 24 horas. Os CDA de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), quitina (Q), cinza (C) e energia bruta (EB) da ração e do alimento foram calculados de acordo Cho et al. (1985) e Reight (1999).

3.2 Composição centesimal

As análises bromatológicas foram realizadas nas farinhas de insetos (Grilo, Cinérea, Madagascar, Tenebrio Molitor e Tenebrio Gigante), dietas experimentais e fezes no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. As análises de matéria seca (930.15), cinza (942.05) e proteína bruta (968.06) foram realizadas de acordo com Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2012). A quantificação de extrato etéreo através do método de FOLCH (1957) e a de quitina segundo Hornung e Stevenson, (1971); Ma e Zuazago, (1942). A energia bruta foi medida com uma bomba de calorimétrica (IKA C7000, Staufen, Alemanha). Foram realizadas segundo Bremer Neto et al., (2005) a determinação da concentração de cromo, das fezes e das rações, no departamento de ciências do solo da UFLA.

3.3 Análise estatística

Os dados serão analisados usando análise de variância de uma via (one-way anova) usando o pacote estatístico SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). As médias dos coeficientes de digestibilidade, foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de significância.

4. RESULTADOS

4.1 Composição bromatológica das farinhas e rações

A composição bromatológica das farinhas de inseto e das rações utilizadas encontram-se nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

Tabela 2 - Composição bromatológicas das cinco farinhas de inseto avaliadas¹ (% matéria seca)

| | CINÉREA | T. GIGANTE | MADAGASCAR | GRILO | T. COMUM |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|
| MATÉRIA SECA | 93,96 | 94,57 | 94,6 | 92,41 | 95,95 |
| PROTEÍNA BRUTA | 64,78 | 49,91 | 79,94 | 62,09 | 37,76 |
| NITROGÊNIO NÃO PROTEICO TOTAL | 24,36 | 22,48 | 28,94 | 22,34 | 12,01 |
| NNP DA QUITINA² | 8,68 | 10,31 | 4,28 | 8,01 | 7,96 |
| PROTEÍNA BRUTA³ | 40,42 | 27,43 | 51,01 | 39,75 | 25,75 |
| EXTRATO ETÉREO | 22,68 | 33,05 | 12,97 | 18,14 | 31,64 |
| QUITINA | 30,80 | 36,56 | 7,46 | 26,26 | 26,05 |
| CINZAS | 3,83 | 2,77 | 4,03 | 4,48 | 2,61 |
| ENERGIA BRUTA (Kcal/Kg) | 7333 | 6411 | 5073 | 5726 | 6340 |

¹ Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

² nitrogênio não proteico da quitina; T.: Tenébrio; ³proteína corrigida = Proteína bruta total – nitrogênio não proteico.

Tabela 3 - Composição bromatológicas das rações contendo 20% de inclusão das diferentes farinhas de inseto avaliadas e da ração controle ¹ (% matéria seca)

| | CINÉREA | T. GIGANTE | MADAGASCAR | GRILO | T. COMUM | CONTROLE |
|--------------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| MATÉRIA SECA | 94,43 | 92,42 | 94,08 | 95,14 | 94,77 | 90,99 |
| PROTEÍNA BRUTA | 42,98 | 39,07 | 46,76 | 42,71 | 38,45 | 34,29 |
| NITROGÊNIO NÃO PROTEICO TOTAL | 6,70 | 7,05 | 11,80 | 9,16 | 7,16 | 2,33 |
| NNP DA QUITINA² | 2,39 | 2,51 | 4,21 | 3,26 | 2,55 | 0 |
| PROTEÍNA BRUTA³ | 36,29 | 32,02 | 34,95 | 33,55 | 31,30 | 34,29 |
| EXTRATO ETÉREO | 8,86 | 11,13 | 8,17 | 8,69 | 9,40 | 4,79 |
| QUITINA | 2,32 | 2,57 | 7,21 | 4,39 | 2,65 | 0,00 |
| CINZAS | 11,02 | 10,23 | 10,79 | 10,95 | 10,27 | 11,87 |
| ENERGIA BRUTA (Kcal/Kg) | 4559 | 4596 | 4429 | 4533 | 4333 | 4604 |

¹ Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

² nitrogênio não proteico da quitina; T.: Tenébrio; ³ proteína corrigida = Proteína bruta total – nitrogênio não proteico.

4.2 Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos macronutrientes obtidos para a tilápia do Nilo em fase de alevinos (3g) apresentados na tabela 4.

Aplicada a equação proposta por REIGHT et al. (1990) para a estimativa da digestibilidade das farinhas de insetos, resultou-se diferenças significativas ($p < 0,05$) para CDAMS, CDAPB, CDAPB¹, CDAEE², CDAQ, CDAC e CDAEB, exceto para CDAEE ($p > 0,05$). Observou-se maior CDAMS ($p < 0,05$) para a farinha de Tenébrio Comum não diferindo somente da farinha de Tenébrio Gigante. Para proteína a farinha de Tenébrio Comum apresentou maior valor de CDA 98,24% ($p > 0,05$) quando comparada aos outros tratamentos (83,79%;83,21%;78,95%) enquanto que o menor valor foi obtido para a farinha de Grilo. Para CDAPB¹ observou-se maior valores de CDA para Tenébrio Comum (88,68%) e, Tenébrio Gigante (81,19%) e menor CDA para farinha de Grilo ($p < 0,05$). Não houve diferença entre os tratamentos para CDAEE ($p > 0,05$), contudo quando corrigido considerando unidade de extrato etéreo na ração foi observado um maior CDA para farinha de Madagascar (9,34%) e menor para as farinhas de Tenebrio Comum e Tenébrio Gigante ($p < 0,05$).

Quanto ao CDAQ, foi observado um maior CDA para farinha de Tenébrio Comum e menor para a farinha de Madagascar seguida pela farinha de Cinérea, que apresentou o menor valor de CDA para quitina dentre todas as farinhas ($p < 0,05$). Para cinzas os maiores valores foram obtidos para as farinhas de Tenebrio Comum, Cinérea e Madagascar ($p < 0,05$). Quanto à digestibilidade de energia, as farinhas de Tenebrio Comum e Tenébrio Gigante obtiveram os maiores CDA, enquanto que as farinhas de Grilo e Madagascar apresentaram os menores valores de CDA ($p < 0,05$).

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) em % das cinco farinhas de inseto utilizadas na alimentação de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)*.

| | CINÉREA | T.GIGANTE | MADAGASCAR | GRILO | T.COMUM | P-valor | SEM |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|----------------|------------|
| MATÉRIA SECA | 65,88 ^{cb} | 83,25 ^{ab} | 51,97 ^c | 49,12 ^c | 95,36 ^a | 0,002 | 5,34 |
| PROTEÍNA BRUTA | 83,79 ^{ab} | 83,21 ^{ab} | 78,95 ^{ab} | 63,52 ^b | 98,24 ^a | 0,018 | 3,64 |
| PROTEÍNA BRUTA¹ | 78,91 ^{ab} | 81,19 ^a | 65,34 ^{ab} | 52,42 ^b | 88,68 ^a | 0,009 | 4,09 |
| EXTRATO ETÉREO | 105,16 | 120,73 | 121,14 | 103,15 | 93,02 | 0,286 | 4,78 |
| EXTRATO ETÉREO² | 4,64 ^{bc} | 3,65 ^c | 9,34 ^a | 5,69 ^b | 3,58 ^c | 0,001 | 0,43 |
| QUITINA | 71,58 ^c | 83,57 ^{ab} | 80,22 ^b | 85,08 ^{ab} | 88,07 ^a | 0,009 | 4,81 |
| CINZAS | 86,97 ^a | 52,01 ^b | 84,87 ^a | 48,07 ^b | 78,65 ^a | 0,000 | 1,76 |
| ENERGIA BRUTA | 64,37 ^{ab} | 80,83 ^a | 48,01 ^b | 43,17 ^b | 86,18 ^a | 0,000 | 5,01 |

Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal DZO/UFLA.

* valores apresentados como média (n = 3) e erro padrão da média (standard error of mean - SEM). Médias com diferentes letras na mesma linha representam diferença significativa entre tratamentos (P < 0,05)

¹ proteína corrigida = Proteína bruta total – nitrogênio não proteico;

² valores de CDA para extrato etéreo do alimento por unidade de extrato etéreo na ração

T.: Tenébrio;

5 DISCUSSÃO

5.1 Composições da farinha

Na literatura a composição da farinha de peixe (FP) varia 99,44 -90,54%; 46,53-73%; 8,42- 8,40%; 4596,80- 3884,0 Kcal/Kg para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta respectivamente (BARROSO, 2014; MEURER, 2003; PEZZATO, 2002; FURUYA, 2001). A farelo de soja (FS) que é um dos ingredientes bem aceito por peixes onívoros, a percentagem bromatológica varia 93,70- 87,71% para MS; 50% – 45,35% para PB; 2,32- 0 48% para EE e 4283,60 – 4032,70 Kcal/Kg (BARROSO, 2014; BOSCOLO; HAYASHI ;MEURER, 2002; FURUYA,2001,2004); PEZZATO,2002).

A composição média em proteína bruta das farinhas de inseto varia de 50-80% (TABELA 2) se mostrando bem semelhante à Farinha de Peixe 73% e ao Farelo de Soja 50%. Entretanto, esse alto valor proteico encontrado para as farinhas de inseto se deve, em grande parte, à quitina presente no exoesqueleto dos insetos uma vez que esta apresenta nitrogênio em sua composição, que é contabilizado e considerado como proteína bruta quando esta é mensurada pelo método de Kjeldahl. O método de Kjeldahl tem como quantificar o nitrogênio total da amostra, ou seja, ele quantifica tanto nitrogênio proteico e não proteico (GUIMARÃES; LANFER-MARQUEZ, 2004; INCT, 2012). Ao final a concentração de nitrogênio total é convertida para proteína pelo fator de conversão 6,25 estabelecida por JONES em 1931 para a proteína da carne. Contudo ao se usar 6,25 para conversão pressupõe-se que a contribuição do nitrogênio não proteico seja desprezível ou reduzida (GUIMARÃES; LANFER-MARQUEZ, 2004). As farinhas de insetos apresentam uma quantidade significativa de quitina (N não proteico), sendo assim acaba por superestimar o valor de proteína bruta pela metodologia de Kjeldahl. O autor Finke (2002), em seu trabalho menciona que boa parte desse nitrogênio não proteico encontrado na farinha de insetos em sua totalidade não se deva a quitina, mas a aminoácidos presente nessa fração que representam proteínas cuticulares . Quando subtraídos, o nitrogênio da quitina apresentou 3,7%, por isso ele considera a quantidade de nitrogênio contida na quitina relativamente pequena, não superestimando a proteína. Essa afirmação contrapõe ao achado no presente trabalho, onde a quantidade de nitrogênio não proteico presente na quitina variou de

4,28% a 10,31% (TABELA 2) . Portanto, ao realizar a correção do valor da proteína bruta na farinha de inseto, a percentagem desse nutriente decresce consideravelmente.

Contudo, em alguns trabalhos é possível observar a falta de correção para proteína bruta, das farinhas de inseto testadas, podendo, portanto estes valores estarem superestimados , como para *Tenebrio Molitor*, com teor de proteína variando de 18,7% a 66,3% (Finke 2002, 2007) , *Zophoba Morios* de 19,7% a 53,4% (FINKE 2007 , BARROSO et al. 2014) e *Gryllus Assimilis* 64,9% (BARROSO et al. 2014). No presente estudo, após a correção no valor da proteína, observou-se redução de 31,80% para farinha de *Tenebrio Molitor* (37,76% para 25,75%) e 45,04 % para *Tenebrio Gigante* (49,91 % para 27,43%) (TABELA 2)

Quanto à variações no teor de proteína observados entre as cinco farinhas avaliadas no presente estudo, sabe-se que essa variação é esperada, pois o teor proteico varia conforme a espécie e o estágio de desenvolvimento (BARROSO et al, 2014), uma vez que algumas espécies iram ter em seu exoesqueleto uma quantidade maior ou menor de proteínas cuticulares e quitina e algumas espécies tem uma maior capacidade de conversão de proteína. Segundo Longvah et al. (2011) a quitina presente pode interferir na utilização das proteínas da dieta. Yi et al. (2013) trabalharam com digestibilidade *in vitro* da larva de *Tenebrio Molitor* verificaram que cerca de 5-6% de nitrogênio está ligado à quitina, confirmando o achado no presente trabalho 7,96%. Logo, a digestibilidade da proteína na dieta pode ser influenciada pelo teor de quitina presente no alimento. Esses autores ainda apresentam a composição bromatológica da farinha de tenebrio apresentando 52% de proteína, entretanto, após fazer o desengorduramento desse ingrediente,esse valor aumenta 47% passando a 76,5%, supondo que talvez a alta quantidade de lipídeo ou mesmo a utilização de farinha desengordurada prejudica na idoneidade dos valores.

Foi observado um alto teor de extrato etéreo nas farinhas de inseto avaliadas, o que pode estar relacionado ao fato de que no Brasil, as farinhas de inseto disponíveis não passam pelo processo de desengorduramento. A utilização das farinhas de inseto não desengordurada pode trazer complicações na formulação e utilização de rações, pois influencia de maneira direta na possibilidade de rancificação dos lipídeos, afetando a disponibilidade dos nutrientes (FERNANDES, 2016). Uma vez ricas em extrato etéreo era de esperar uma quantidade maior de energia bruta nesse alimento, o que realmente é comprovado em sua composição, mostrando-se acima dos valores encontrados na farinha de peixe e na farelo de soja. Barroso et al. (2014) analisaram três ordens de

insetos, dentre essa o *Tenebrio Molitor*, *Zophoba Morio* e o *Gryllus Assimilis*. Para extrato etéreo apresentaram 38%, 20% e 23,2% respectivamente, enquanto no presente trabalho os valores foram de 31,64%; 33,05% e 18,4% respectivamente.

A quitina por sua vez tem sua estrutura semelhante à da celulose, mas com diferença de uma ramificação N-acetil. Além da farinha de inseto esse composto pode ser encontrado também em alguns vegetais, camarão e Krill. Na farinha de camarão segundo Souto (2015) e Fines e Holt (2010) a quitina se faz presente em 15,46% e 27,2% respectivamente, 8,5% na farinha de caranguejo (FINES; HOLT, 2010), e 4,3% na farinha de Krill Olsen et al. (2006). Estes valores corroboram ao achado neste presente trabalho, onde o teor de quitina variou de 7,46% a 36,56%. Sanchez et al. (2015), trabalhando com três tipos de dietas, duas com inclusão de farinha de *Tenebrio Molitor* e outra controle (FP/FS) quantificou a quitina pela metodologia de fibra em detergente ácido (FDA) obtendo 65,7%, valor maior ao obtido no presente trabalho (26,05%). Barroso et al. (2013), trabalharam com três tipos de ordem de insetos: coleóptera, diptera e orthoptera, sendo que a quantificação da quitina se deu pelo método de extrato livre de nitrogênio (NFE). Dentre essas ordens o *Tenebrio Molitor*, *Zophoba Morios* e o *Grilo assimilis* foram avaliados cada qual com 8%, 6% e 7% ,valores estes bem inferiores ao encontrado neste trabalho (26,05%; 36,56% e 26,26%, respectivamente). Dessa forma, a metodologia empregada na determinação de quitina mostra-se como importante fator capaz de promover variação nos dados encontrados na literatura.

5.2 Digestibilidade

A avaliação da digestibilidade de novos produtos a ser fornecidos em uma cadeia de produção animal é de suma importância. É umas das principais ferramentas para avaliar a qualidade da alimentação fornecida ao animal, bem como a qualidade dos ingredientes, além de fornecer a porcentagem de nutrientes não digeridos, que irão compor a maior parte dos resíduos acumulados na água de cultivo.

Nos estudos relacionados à digestibilidade de fontes convencionais e alternativas as tilápias vêm se destacado, fato atribuído as suas características morfológicas e fisiológicas (PEZZATO ,2002). O estudo da substituição da farinha de peixe por farelo de soja não é recente. Entretanto ao longo dos anos, as pesquisas demonstraram que a farelo de soja possui fatores antinutricionais, baixa palatabilidade, limitações quanto ao perfil de aminoácidos e alta proporção de polissacarídeos fibrosos (COLLINS, 2014), o

que limita sua inclusão em dietas para peixes. Além disso, algumas fontes proteínicas vegetais podem comprometer a integridade intestinal dos peixes, ocasionando em diminuição da capacidade absorptiva dos nutrientes (FRANCIS;MAKKAR;BECKER, 2001). Quanto a farinha de peixe, há uma busca por outros tipos de alimentos com perfil nutricional próximo para sua substituição, uma vez que o estoque pesqueiro vem se exaurindo (NEW;WIJKSTROEM, 2002). Desta forma, têm-se buscado fontes proteicas alternativas que possam substituir, de forma parcial ou total, a farinha de peixe e o farelo de soja em dietas para diversas espécies, nas diferentes fases de criação.

Furuya et al. (2001) utilizando farinha de peixe em alevinos de tilápia encontrou coeficientes de digestibilidade (CDA) de 79,78 % para matéria seca; 84,95 % proteína bruta; 94,16 % extrato etéreo e 87,19% para energia bruta . Os valores de matéria seca e proteína bruta corrigida das farinhas de insetos variaram de 95,36% a 49,12% e 88,68% a 52,42% respectivamente, sendo que somente *Tenebrio Comum* e *gigante* tem valores próximos ao da farinha de peixe. Uma redução do CDA de proteína é esperada, quando há um aumento da quantidade de quitina que reduz a digestibilidade aparente das proteínas (BELFORTI et al., 2016). Segundo Iaconisi (2017) a forma da matriz de quitina dos insetos reduz a ação das quitinases, ocasionando uma redução de digestibilidade de proteínas. Tais afirmações corroboram com este trabalho onde foi possível observar uma redução de 5,82% para *Cinérea*, 2,93% *Tenebrio gigante*, 17,24% *Madagascar*, 17,47% *Grilo* e 9,73% *Tenebrio Comum*. Os valores de quitina no alimento formulado foram de 2,32% *Cinérea*, 2,57% *Tenebrio Gigante*, 7,21% *Madagascar*, 4,39% *Grilo* e 2,65% para *Tenebrio Comum* (TABELA 3).

Para extrato etéreo os valores dos CDA das farinhas utilizadas se mostraram altos. Tal fato é justificado pelas farinhas utilizadas conterem em sua composição um alto nível de extrato etéreo, superior ao da dieta referência, ocasionando valores de CDA acima de 100% em alguns casos. Nandeesha, Gangadhara e Manissery (1999) trabalhando com farinha de pupa do bicho da seda na alimentação de *carpas-comum*, obtiveram um aumento significativo na digestibilidade lipídica. Os autores sugerem que o aumento da digestibilidade do extrato etéreo, se deva a determinados grupos de insetos, especialmente na sua forma larval, como larvas de bicho da seda e *tenébrio* possuem altos valores de ácidos graxos altamente digestíveis. Quando analisado CDA por unidade de extrato etéreo na ração observamos uma maior digestibilidade em rações que continham maior percentagem de quitina. Indo em oposição ao achado por Tanaka et al., (1997) onde no estudo mencionam que a quitina impede a absorção de lipídeos pelo

intestino. Segundo Tharanathan e Kittur (2003) a quitina além de ter alta capacidade de ligação a água, em pH baixo ela forma ligações iônicas com diferentes tipos de ânions (ácidos biliares ou ácidos graxos livres) aumentando assim a excreção de lipídeos, o que acarretaria numa menor digestibilidade. Para energia os valores de CDA encontrados foram menores que o da farinha de peixe, para todas as cinco farinhas de inseto avaliadas.

Quanto ao farelo de soja, este apresenta valores de CDA para matéria seca de 89,01% e 74,75%; para proteína bruta 92,72% e 93,25%; 93,06% para extrato etéreo e 77,21% e 80% para energia (FURUYA et al., 2001 ; NAKAGOME, 2009). Considerando esses valores, somente a farinha de *Tenebrio Comum* e *Tenebrio Gigante* apresentaram valores de digestibilidade próximos àqueles observados para o farelo de soja, 95,36% e 83,25% CDAMS, 88,68% e 81,19 CDAPB e 86,18% e 80,83% CDAEB

Na literatura é possível encontrar alguns trabalhos com digestibilidade em farinha de insetos, inclusive em ensaios *in vitro* Marono et al. (2015), Sánchez-Muros et al., (2016); Yi et al., (2016). O primeiro CDA em tilápia do Nilo, se deu por Sánchez et al. (2016) *in vitro* com farinha de *Tenebrio Comum*, onde níveis de inclusão de até 500 g kg⁻¹ na dieta não afetaram a digestibilidade das proteínas. Iaconisi et al. (2017) também determinaram o CDA de *Tenebrio Comum* em blackspot seabream (*Pagellus bogaraveo*), onde a inclusão de 50% de farinha de tenebrio comum em substituição a farinha de peixe ocasionou em redução da digestibilidade 9,58%. Piccolo et al. (2017) avaliando digestibilidade em juvenis de dourada (*Sparus aurata*) alimentados com dietas contendo farinha de tenebrio em níveis de 0, 25% e 50% de substituição à farinha de peixe, observaram uma redução na digestibilidade da matéria seca, proteína e extrato etéreo para os peixes alimentados com a dieta contendo 50 % de farinha de *Tenebrio Molitor*. Os dados encontrados na literatura corroboram com o obtido no presente trabalho. Quando comparado às demais farinhas utilizadas, a farinha de *Tenebrio Molitor* foi o alimento que apresentou o maior coeficiente de digestibilidade para os nutrientes analisados.

Ainda há uma controvérsia do aproveitamento da quitina pelos animais de criação, devido à divergências quanto a presença da enzima quitinase em monogástricos, apesar de diversos trabalhos confirmarem sua presença em peixes (JEUNIAUX, 1993; KROGDAHL, 2005). Fines e Holt (2010) em juvenis de cobia, analisaram a digestibilidade da quitina nas farinhas de camarão e de caranguejo. O CDA da farinha de camarão foi de 78,2 ± 8,0% e de caranguejo 66,8 ± 4,5%. Koprucu e

Ozdemir (2005) analisaram a digestibilidade de quitina das farinhas de crustáceos *Gammarus kischineffensis* e *Astacus leptodactylus* em tilápia do nilo. Os CDA encontrados para esses alimentos foram 71,5% e 69,3% respectivamente. Olsen et al. (2006) em salmão (*Salmo salar*) introduziu de 0 a 100% de farinha de krill na dieta, resultando em 0, 13%, 19,7%, 38,4% e 40% de digestibilidade de quitina. Os valores encontrados por estes autores corroboram ao achado neste presente trabalho, onde o CDA da quitina dos alimentos analisados variaram de 88,07% a 71,58% (TABELA 4).

6 CONCLUSÃO

Conclui-se dentre as farinhas avaliadas, a farinha de Tenebrio comum e Gigante se mostraram as melhores substitutas para a farinha de peixe e farelo de soja para esta espécie.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C., 2012. Official methods of analysis (19th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists.

ABANIKANNDA, M.F. 2012. Nutrient digestibility and haematology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with varying levels of locust (*Locusta migratoria*) meal Bachelor of Aquaculture and Fisheries Management, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State

ABIMORAD, E. G., CARNEIRO, D. J. 2004. 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**, 1101-1109.

AL HAFEDH, Y. S. 1999. Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture research**, 30(5), 385-393.

ALEGBELEYE, W.O., OBASA, S.O., OLUDE, O.O., OTUBU, K., JIMOH, W. 2012. Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper

(*Zonocerus variegates* L.) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, 43(3), 412-420.

AYROZA, LMS. Criação de Tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na Usina Hidrelétrica de Chavantes, Rio Paranapanema, SP/PR. 2013. 104 f. 2009. PhD Thesis. Tese (Doutorado em Aquicultura)–Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

AZEVEDO, V. V. C., CHAVES, S. A., BEZERRA, D. C., LIA FOOK, M. V., & COSTA, A. C. F. M. 2007. Quitina e quitosana: aplicações como biomateriais. **Revista eletrônica de Materiais e processos**, 2(3), 27-34.

BALOGUN, BOSE IBILOYE. 2011. Growth performance and feed utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) fed different dietary levels of soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) seed meal and sun-dried locust meal (*Schistocerca gregaria*). PhD Thesis.

BARROSO, F.G., DE HARO, C., SANCHEZ-MUROS, M.-J., VENEGAS, E., MARTINEZ-SANCHEZ, A., PEREZ-BAÑÓN, C.. 2014. The potential of various insect species for use as food for fish. **Aquaculture**, 422(423), 193–201.

BELFORTI, M., GAI, F., LUSSIANA, C., RENNA, M., MALFATTO, V., ROTOLO, L., DE MARCO, M., DABBOU, S., SCHIAVONE, A., ZOCCARATO, I., GASCO, L. 2016. *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**, 14(4), 4170.

BENEDITO FILHO, P. D., LEMOS, F. J., SECUNDINO, N. F., PÁSCOA, V., PEREIRA, S. T., PIMENTA, P. F.. 2002. Presence of chitinase and beta-N-acetylglucosaminidase in the *Aedes aegypti*: a chitinolytic system involving peritrophic matrix formation and degradation. **Insect Biochem. Mol. Biol.**, 32(12), 1723-1729.

BOSCOLO, W.R., HAYASHI, C., MEURER, F.. 2002. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31(2), 539-545.

BOSCOLO, W.R., HAYASHI, C., SOARES, C. M., FURUYA, W. M., MEURER, F.. 2001. Desempenho e características de carcaça de machos revertidos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagens tailandesa e comum, nas fases inicial e de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(5),1391-1396.

BREMER NETO, H., FESSEL GRANER, C. A., PEZZATO, L. E., PADOVANI, C. R. (2005). Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1, 5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, 35(3).

BUDDINGTON R.K. 1980. Hydrolysis-resistant organic matter as a reference for measurement of fish digestive efficiency **Trans. Am. Fish. Soc.**, 109, 653-656.

CARVALHO, T. S. G. de. Farinha de barata de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) em dietas para calopsitas (*Nymphicus hollandicus*) mantidas em cativeiro. 2017. 66 p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

CASTAGNOLLI, N. 1996. Aquicultura para o ano 2000. Brasília: CNPq, p.96.

CASTAGNOLLI, N. 1979. Fatores que influenciam a absorção de energia nos peixes. **Fundamentos de nutrição de peixes. São Paulo: Livroceres.**

CHO, C. Y. 1987. La energía en la nutrición de los peces. **Nutrición en acuicultura**, 2, 197-243.

CHO, C. Y., COWEY, C. B., WATANABE, TAKESHI. 1985. **Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development.** IDRC, Ottawa, ON, CA.

Cho, C. Y., S. J. Kaushik. 1990. "Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)." Aspects of food production, consumption and energy values.. **Karger Publishers**, 61, 132-172.

CIFALI, Adriana P., DIAS FILHO, Benedito P. 1999. Purification and partial characterization of N-acetyl-b-D-glucosaminidase from *Tritrichomonas foetus*. **Parasitology research**, 85(4),256-262.

COHEN-KUPIEC, R., CHET, I. 1998. The molecular biology of chitin digestion **Curr. Opin. Biotechnol**, 9, 270-277.

COLLINS, S.A. **Antinutritional Factors in Modeling Plant-Based Rainbow Trout**, 2014. 215 p. Tese de doutorado Department of Animal and Poultry Science, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada 2014

COSTA LIMA, A. M. 1952. Insetos do Brasil. Coleópteros. Escola Nacional de Agronomia, Rio de Janeiro, v. 7, n.10, 1a- 2a partes, p. 372, 323, 289, 373.

CULTURAL, A. A., BRASIL, E. 2014. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**.

DEBONO, MANUEL, GORDEE, ROBERT S. 1994. Antibiotics that inhibit fungal cell wall development. **Annual Reviews in Microbiology**, 48(1) , 471-497.

DEFOLIART, G.R. 1991. Insect fatty acids: similar to those of poultry and fish in their degree of unsaturation, but higher in the polyunsaturates. **Food Insects Newsletter** , 4(1),1-4.

DEFOLIART, G.R., FINKE, M.D. ,SUNDE,M.L. 1982. Potential Value of the Mormon cricket (Orthoptera: Tettigoniidae) harvested as a high-protein feed for poultry **Journal of Economic entomology**, 75(5), 848-852.

DEFOLIART, Gene R. 1992. Insects—An overlooked food resource. **Insect Potpourri: Adventures in Entomology. The Sandhill Crane Press, Inc., Gainesville, Florida.**, 44-48.

DETMAN, E., SOUZA, M.A., VALADARES FILHO, S.C., QUEIROZ, A.C., BERCHIELLI, T.T., SALIBA, E.O.S., CABRAL, L.S., PINA, D.S., LADEIRA, M.M.

E AZEVEDO, J.A.G. 2012 - **Métodos para análises de alimentos - INCT – Ciência Animal**. Editora UFV. 214 p.

EL-SAYED, Abdel-Fattah M., TESHIMA, Shin-ichi. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. **Aquaculture**, 103(1), 55-63.

EMEHINAIYE, PETER ADEBAYO. 2012. Growth performance of *Oreochromis niloticus* fingerlings fed with varying levels of migratory locust (*Locusta migratoria*) meal Bachelor of Aquaculture and Fisheries Management, Federal University of Agriculture, Abeokuta

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016.

FAO, 2011. World Livestock– Livestock in Food Security. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome.

FAO, 2014. In: Graziano da Silva, J. (Ed.), The State of World Fisheries and Aquaculture Opportunities and Challenges. FAO, Rome, p. 3.

FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture Contributing to food security and nutrition for all. FAO, Rome, p. 200.

FAO, Ifad. WFP, The State of Food Insecurity in the World 2013. **The multiple dimensions of food security**.

FERNANDES, E. S. Avaliação de fatores que afetam a qualidade de farinha de vísceras na indústria de subprodutos avícola. 2016. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

FIGUEIREDO, E. Invertebrados Aula 2, 3 e 4. Lisboa, 2009

- FINES, B. C., HOLT, G. J. 2010. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, 303(1-4), 34-39.
- FINKE, M. D. 2002. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. **Zoo Biology**, 21(3), 269–285.
- FINKE, M. D. 2007. Estimate of chitin in raw whole insects. **Zoo Biol.** 26(2),105–115.
- FINKE, M. D., SUNDE, M. L., DEFOLIART, G. R. 1985. An evaluation of the protein quality of Mormon crickets (*Anabrus simplex* Haldeman) when used as a high protein feedstuff for poultry. **Poultry Science**, 64(4), 708-712.
- FINKE, M.D., G.R. DEFOLIART, N.J. BENEVENGA. 1987. Use of a four-parameter logistic model to evaluate the protein quality of mixtures of Mormon cricket meal and corn gluten meal in rats. **Journal of nutrition**, 117(6),1740-1750.
- FLACH, J., PILET, P.E., JOLLES, P. 1992. What's new in chitinase research?. **Experientia**, 48(8), 701-716.
- FOLCH, J., LEES, M., SLOANE-STANLEY, G.H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues **J. Biol. Chem.**, 226(1), 497-509.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). 2010. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Rome, p.197.
- FRANCIS, G., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, 199(3),197-227.
- FRECCIA, A., MEURER, E.S., FILHO, J.C., JERÔNIMO, G.T. e EMERENCIANO, M.G.C. 2016. Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. **Archivos de zootecnia** 65(252),547.

FUHRMAN, JULIET A., PIESSENS, WILLY F. 1985.Chitin synthesis and sheath morphogenesis in *Brugia malayi* microfilariae. **Molecular and biochemical parasitology**, 17(1), 93-104.

FURUYA, W.M., GONÇALVES, G.S., FURUYA, V.R.B., HAYASHI, C. 2001.Fitase na alimentação da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Desempenho e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30(3),924-929.

FURUYA, W.M., HAYASHI, C., FURUYA, V.R.B. 1996.Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase juvenil. **Revista UNIMAR**, 18(2),307-319.

FURUYA,W.M.,HAYASHI,C.,FURUYA,V.R.B.,SAKAGUTI,E.S.,BOTARO,D.,SILV A, L. C. R.,AURESCO, S. A. 2004.Farelo de soja integral em rações para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 6(2), 203-207.

GASCO, L., BELFORTI, M., ROTOLO, L., LUSSIANA, C. , PARISI, G., TEROVA, G., RONCARATI, A., GAI,F. 2014a.Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) **Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands**, 14(17), 78.

GASCO, L., GAI, F., PICCOLO, G., ROTOLO, L., LUSSIANA, C., MOLLA, P., CHATZIFOTIS, S. 2014b.Substitution of fish meal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of *Dicentrarchus labrax* juveniles **Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands**, 80.

GATLIN, D.M., BARROWS, F.T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T.G., HARDY, R.W., HERMAN, E., HU, G.S., KROGDAHL, A., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALEY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R. AND WURTELE, E. 2007.Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, 38(6),551-579.

GOPALAKANNAN, AYYARU; ARUL, VENKATESAN. 2006. Immunomodulatory effects of dietary intake of chitin, chitosan and levamisole on the immune system of *Cyprinus carpio* and control of *Aeromonas hydrophila* infection in ponds. **Aquaculture**, 255(1),179-187.

GUIMARÃES, Claudia Passos, LANFER-MARQUEZ, Ursula Maria. 2005. Estimativa do teor de fenilalanina em sopas desidratadas instantâneas: importância do nitrogênio de origem não-protéica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, 41.3: 365-375.

HAINES, CHRISTOPHER PETER. 1991. **Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification (a training manual). 2.**

HALL, G.M. 1992. Fish processing technology H.W. Ockerman (Ed.), Fishery By-products, VCH Publishers, New York, USA , 155-192.

HARDOUIN, J.; MAHOUX, G. 2003. Zootechnie d'insectes-Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux.

HASAN, M. R. 2000. Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. In: **Aquaculture in the third millennium. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium, Bangkok, Thailand.** 20-25.

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

HEPHER, B. 1988. **Nutrition of pond fishes.** Cambridge: Cambridge University Press, 386.

HORNUNG, DAVID E.; STEVENSON, J. ROSS. 1971. Changes in the rate of chitin synthesis during the crayfish molting cycle. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, 40(2), 341-346.

HORSCH, M., MAYER, C., SENNHAUSER, U., RAST, D. M. 1997. N-acetylhexosaminidase: A target for the Design of Antifungal Agents. **Pharmacol. Ther.**, 76(1-3),187-218.

HOWE, E.R., SIMENSTAD, C.A., TOFT, J.D., CORDELL, J.R., BOLLENS, S.M. 2014. Macroinvertebrate prey availability and fish diet selectivity in relation to environmental variables in natural and restoring north San Francisco bay tidal marsh channels. **San Francisco Estuary and Watershed Science**,12(1),1–46.

IACONISI, V., MARONO ,S., PARISI, G., GASCO, L., MARICCHIOLO, G., BOVERA, F., PICCOLO, G. 2017. Effect of dietary inclusion of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance and final quality traits of blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). **Animal Feed Science and Technology**,226,12-20.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção da Pecuária Municipal 2015. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>

JABIR, MD Abd Rahman, JABIR, SA Abd Rahman, VIKINESWARY, S. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. **African Journal of Biotechnology**, 11(24),6592-6598.

JEUNIAUX, C.,1993. Chitinolytic systems in the digestive tract of vertebrates: a review. *Chitin Enzymology*, 1, 233-244.

KLASING, K. C., THACKER , P., LOPEZ , M. A. AND CALVERT, C. C., 2000. Increasing the calcium content of mealworms (*Tenebrio molitor*) to improve their nutritional value for bone mineralization of growing chicks. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**. 31(4),512–517.

KÖPRÜCÜ, K., ÖZDEMİR, Y., 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**,; 250(1-2), 308–316.

KRAMER, Karl J., HOPKINS, Theodore L., SCHAEFER, Jacob. 1995. Applications of solids NMR to the analysis of insect sclerotized structures. **Insect biochemistry and molecular biology**, 25(10),1067-1080.

KROECKEL, S., HARJES, A.G.E., ROTH, I., KATZ, H., WUERTZ, S., SUSENBETH, A., SCHULZ, C., 2012. When a turbot catches a fly: evaluation of a prepupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fishmeal substitute. Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). **Aquaculture** 364(365), 345-352.

KROGDAHL, Å., HEMRE, G.-I. ; MOMMSEN, T.P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquacult. Nutr**, v.11,n.2, p.103–122, 2005.

LAWRENCE, JOHN F. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). **Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy Crowson**, p. 779-1006, 1995.

LELLIS, WILLIAM A.; BARROWS, FREDERIC T. ,2000. Effect of dietary ingredient substitution on dorsal fin erosion of steelhead. **North American Journal of Aquaculture**, 62(2), 135-138.

LINDNER, P., 1919. Extraction of fat from small animals. **Zootechnica Biologica** 7, 213-220.

LISENKO, K. G. Valor nutricional de farinhas de insetos para cães e gatos. 2017. 123 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

LONGVAH, T., MANGTHYA, K., RAMULU, P.. 2011. Nutrient composition and protein quality evaluation of eri silkworm (*Samia ricinii*) prepupae and pupae. **Food Chemistry**, 128(2), 400-403.

MA, T. S., & ZUAZAGO, G. 1942. Micro-Kjeldahl method for organic nitrogen.

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

MARONO, S. , PICCOLO, G., LOPONTE, R., MEO, C.D. , ATTIA, Y.A. , NIZZA, A. , BOVERA, F., 2015. In vitro crude protein digestibility of tenebrio molitor and hermetia illucens insect meals and its correlation with chemical composition traits Ital. **J. Anim. Sci.** , 14 , 338 – 349.

MEURER, F. , HAYASHI, C., BOSCOLO, W.R., 2003. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).**Revista Brasileira de Zootecnia** 32(6), 1801-1809.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA (MPA). 2010.**Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. Brasília, Brasil, 128.

MOHAN, MADAN, BHANJA, S. K., BASADE, YASMEEN. 2009. Performance of chitin incorporated diet on the indigenous Kumaon Himalayan fishes: snow trout, *Schizothorax richardsonii* (Gray) and golden mahseer, *Tor putitora* (Hamilton). **Indian J. Fish**, 56 (2),135-137.

MOUND, LAURENCE ALFRED. 1989. Common insect pests of stored food products. British Museum (Natural History).

NAKAGAKI, B. J., SUNDE, M. L., DEFOLIART, G. R. 1987. Protein quality of the house cricket, *Acheta domesticus*, when fed to broiler chicks. **Poultry Science**, 66(8), 1367-1371.

NAKAGOME, F. K. Digestibilidade aparente de ingredientes por alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis Niloticus*). 2009. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade estadual Paulista, UNESP, Botucatu, 2009.

NANDEESHA, M., GANGADHARA, B., MANISSERY, J. 1999. Silkworm pupa oil and sardine oil as an additional energy source in the diet of common carp, *Cyprinus carpio*. **Asian Fisher. Sci.** 12(3):207-215.

NASCIMENTO, T. M. T. D.; FABREGAT, T. E. H. P.; RODRIGUES, L. A.; SAKOMURA, N. K., FERNANDES, J. B. K. 2011. Effects of different sampling intervals on apparent protein and energy digestibility of common feed ingredients by juvenile oscar fish (*Astronotus ocellatus*)- **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 34(2), 143-147.

NEVILLE, A. C., PARRY, D. A., WOODHEAD-GALLOWAY, J. 1976. The chitin crystallite in arthropod cuticle. **Journal of cell science**, 21(1), 73-82.

NEW, MICHAEL B., WIJKSTRÖM, ULF N. 2002. Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap. **FAO Fisheries Circular (FAO)**.

NG, WK, LIEW, F.L., ANG, L.P., WON, K.W.. 2001. Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, 32(1), 273-280.

NOSE, T. 1966. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. SIMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FISH FEED TECHNOLOGY, 15.

NRC, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington, DC, USA.

OGUNJI, J., PAGEL, T., SCHULZ, C., KLOAS, W.. 2009. Apparent digestibility coefficient of housefly maggot meal (mameal) for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and carp (*Cyprinus carpio*) **Asian Fisheries Science**, 22(4), 1095-1105.

OLSEN R.E., SUONTAMA J., LANGMYHR, E., MUNDHEIM, H., RINGO, E., MELLE, W., MALDE, M.K., HEMRE, G.-I. 2006. The replacement of fish meal with Antarctic krill, *Euphausia superba* in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar*. **Aquaculture Nutrition**, 12(4), 280-290.

OONINCX, D. G. A. B., DIERENFELD, E. S. 2012. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. **Zoo Biology**, 31(1), 40-54.

OONINCX, DENNIS GAB; DE BOER, IMKE JM. 2012.Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment. **PLoS one**, 7(12), p. e51145.

PEZZATO, L.E., MIRANDA, E.C., BARROS, M.M. , PINTO, L. G. Q., FURUYA, W. M., PEZZATO, A. C., 2002 .Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia** , 31,1595-1604.

PICCOLO G., IACONISI V., MARONO S., LOPONTE R., GASCO L., NIZZA S., BOVERA F., PARISI G. 2017.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**, 226, 12-20.

PICCOLO, G., MARONO, S., GASCO, L., IANNACCONE, F., BOVERA, F., NIZZA, A. 2014.Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles **Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands** , 68-68.

POPMA, T. J., MASSER, M. 1999.Tilapia: Life History and Biology. SRAC Publication No. 283. **Southern Regional Aquaculture Center, Stoneville, MS**

POWNING, R. F., IRZYKIEWICZ, H. 1965.Studies on the chitinase system in bean and other seeds. **Comparative biochemistry and physiology**, 14(1),127-133.

PROFETAS, 2008. Background; social transitions; results. Available from: www.profetas.nl.

RAMOS-ELORDUY, J., AVILA GONZALEZ, E., ROCHA HERNANDEZ, A., PINO, J.M. 2002.Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle

organic wastes and as feed for broiler chickens. **Journal of Economic Entomology** , 95,,214–220.

RAMOS-ELORDUY, J., MEDEIROS-COSTA, E., FERREIRA-SANTOS, J., PINO-MORENO, J.M., LANDERO-TORRES, I., ÁNGELES-CAMPOS, S.C., GARCÍA-PÉREZ, A. 2006.Estudio comparativo del valor nutritivo de varios coleoptera comestibles de México y *Pachymerus nucleorum* (Fabricius, 1792) (Bruchidae) de Brasil. **Interciencia** , 31,512 – 516.

REETA, JOHRI, SINGH, RAKHI, JOHRI, P. K. 2010.Effect of different formulated plant and animal diet on hematology of *Clarias batrachus* Linn. under laboratory conditions. **Biochemical and Cellular Archives**, 10(2),283-291.

REETA, JOHRI, SINGH, RAKHI, JOHRI, P. K. 2011a.Studies on ovarian activity in formulated feed treated *Clarias batrachus* Linn. **J. Exp. Zool. India**, 14, 111-115.

REETA, JOHRI, SINGH, RAKHI, JOHRI, P. K. 2011b.Histopathological examination of the gill, liver, kidney, stomach, intestine, testis and ovary of *Clarias batrachus* Linn. during the feeding on different formulated feeds. **J. Exp. Zool. India**, 14, 77-79.

RIGHT, R. C., BRADEN, S. L., CRAIG, R. J. 1990.Apparent digestibility coefficients for common feedstuffs in formulated diets for red swamp crayfish, *Procambarus clarkii*. **Aquaculture**, Amsterdam, 84, p. 321-334.

RINGO, E., ZHOU, Z., OLSEN, R.E., SONG, S.K. 2012.Use of chitin and krill in aquaculture – effect on gut microbiota and the immune system: a review. **Aquacult. Nutr.** 117–131.

RONCARATI, A.; GASCO, L.; PARISI, G.; TEROVA, G. 2015.Growth performance of common catfish (*Ameiurus melas* Raf.) fingerlings fed insect meal diets. **Journal of Insects as Food and Feed** 1, 233-240.

ROTA, M. A. 2003.Aspectos Gerais da Fisiologia e Estrutura do Sistema Digestivo dos Peixes Relacionados a Piscicultura. **Embrapa Pantanal**, 48.

RUIZ-HERRERA, José. 1991. **Fungal cell wall: structure, synthesis, and assembly**. CRC press.

RUMPOLD, Birgit A., SCHLÜTER, Oliver K. 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. **Molecular nutrition & food research**, 57(5), 802-823.

RUST, M.B. 2002 Nutritional Physiology. In: HALVER, J.H. Fish Nutrition. San Diego: Academic Press. 367-452.

SAKOMURA, N. K., ROSTAGNO, H. S. 2007. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**, 283. Jaboticabal: Funep.

SÁNCHEZ-MUROS, M.J., BARROSO, F.G., MANZANO-AGUGLIARO, F. 2014. Insect meal as renewable source of food for animal feeding: a review **J. Clean. Prod.**, 65, 16–27.

SÁNCHEZ-MUROS, M.J., HARO, C. DE, SANZ, A., TRENZADO, C.E., VILLARECES, S., BARROSO, F.G. 2016. Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet **Aquac. Nutr.** 22(5), 943–955.

SCHABEL, HANS G. 2010. Forest insects as food: A global review. **Forest insects as food: Humans bite back**, 37-64.

SEALEY, W.M., GAYLORD, T.G., BARROWS, F.T., TOMBERLIN, J.K., MCGUIRE, M.A., ROSS, C., ST-HILAIRE, S. 2011. Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. **J. World Aquacult. Soc.** 42,34-45.

SHAHABUDDIN, M., TOYOSHIMA, T., AIKAWA, M., KASLOW, D.C. 1993. Transmission-blocking activity of a chitinase inhibitor and activation of malarial parasite chitinase by mosquito protease **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 90(9), 4266-4270.

SHIAU, S.Y. ;YU, Y.P. 1999.Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia,*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture**, 179, 439-446.

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

TACON, A. GJ, METIAN, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, 285.1-4, 146-158.

TACON, ALBERT GJ. 1995. Feed formulation and on-farm feed management. **FAO Fisheries Technical Paper**, 61-74.

TANAKA, Y., TANIOKA, S., TANAKA, M., TANIGAWA, T. , KITAMURA, Y., MINAMI, S. , OKAMOTO, Y. , MIYASHITA, M. , AND NANNO, M. 1997. Effects of chitin and chitosan particles on BALB/c 818 mice by oral and parenteral administration. **Biomater**. 18(8):591-595

THARANATHAN, R.N., KITTUR, F.S.. 2003.Chitin - The Undisputed Biomolecule of Great Potential Crit. Rev. **Food Sci. Nutr.** , 43, 61 – 87.

TRAN , G., HEUZÉ, V., MAKKAR, H.P.S.. 2015.Insects in fish diets. **Animal Frontiers** 5(2), 37–44.

TRONSMO, Arne; HARMAN, Gary E. 1993.Detection and quantification of N-acetyl- β -D-glucosaminidase, chitobiosidase, and endochitinase in solutions and on gels. **Analytical biochemistry**, 208(1), 74-79.

VAN HUIS, Arnold. 2013.Potential of insects as food and feed in assuring food security. **Annual Review of Entomology**, 58,563-583.

VASCONCELLOS, R. Uso de coprodutos na alimentação de cães e gatos. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 2.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 9., 2010, Campinas. Anais... Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2010. p. 79.

WHITLEY, S.N.; BOLLENS, S.M. 2014. Fish assemblages across a vegetation gradient in a restoring tidal freshwater wetland: diets and potential for resource competition **Environ. Biol. Fishes**, 97, 659–674.

WILSON, R.P. 2002. Protein and amino acids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) **Fish Nutrition, 3rd version. Elsevier Science**, San Diego, USA, 144-179.

WOJNO, T. & DABROWSKA, H.. 1984.. Investigations on the use of meal from krill in feeding the rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.). **Rocz. Nauk Roln.**, 100,165–174.

YI, L., VAN BOEKEL, M.A.J., BOEREN, A., LAKEMOND, C.M.M.. 2016. Protein identification and in vitro digestion of fractions from *Tenebrio molitor* EUR. **Food Res. Technol.** , 242 (8) ,1285 – 1297.