

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ROSANE LOPES FERREIRA

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E
ENERGIA DE ALIMENTOS PARA *Macrobrachium rosenbergii*

PALOTINA

2019

ROSANE LOPES FERREIRA

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES E DA
ENERGIA DE ALIMENTOS PARA *Macrobrachium rosenbergii*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.
Área de concentração: Produção de Organismos Aquáticos

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lilian Carolina Rosa da Silva.
Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Luís Cupertino Ballester.

PALOTINA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F383 Ferreira, Rosane Lopes
Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alimentos para *Macrobrachium resenbergi* / Rosane Lopes Ferreira – Palotina, 2019.
36f.

Orientadora: Lilian Carolina Rosa da Silva
Coorientador: Eduardo Luís Cupertino Ballester
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

1. Camarão de água doce. 2. Subprodutos de aves. 3. Nutrição
4. Farinha de insetos. 5. Aquicultura. I. Silva, Lilian Carolina Rosa da. II. Ballester, Eduardo Luís Cupertino. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 639



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - 4000101607BP2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de ROSANE LOPES FERREIRA intitulada: **Coefficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia de alimentos para *Macrobrachium rosenbergii***, sob orientação da Profa. Dra. LILIAN CAROLINA ROSA DA SILVA, que após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa. A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 29 de Agosto de 2019.

LILIAN CAROLINA ROSA DA SILVA

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

EDUARDO LUIS CUPERTINO BALLESTER

Coorientador - Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

LILIAN DENA DOS SANTOS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

WILSON ROGERIO BOSCOLO

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ)

DEDICATÓRIA

Dedico essa dissertação a minha amada e eterna avó, te amarei sempre, obrigada por tudo que fez por mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a DEUS, por me dar sabedoria nas horas que mais precisei;

A minha mãe e irmã, por tudo que fizeram e abdicaram para que eu chegasse até aqui;

À Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina;

À Profª Dra. Lilian Carolina Rosa da Silva, pela paciência e auxílio;

Ao meu co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Luís Cupertino Ballester, pelo incentivo e ajuda;

Ao Prof. Dr. Diego Vicente da Costa, pela colaboração durante a execução do trabalho;

A CAPES, pelo incentivo, tornando possível a execução do projeto;

Ao CNPq, pelo incentivo e recurso fornecido, tornando possível a realização da pesquisa;

Aos amigos mais antigos e aos que fiz recentemente, sem eles tudo seria mais difícil;

Aos membros da banca, por aceitarem o convite para avaliação deste trabalho;

RESUMO

Na carcinicultura a principal fonte proteica utilizada nas formulações de rações é a farinha de peixe, porém estima-se que nos próximos anos essa fonte proteica não consiga mais atender a demanda dessa atividade, desta forma, a busca por novos ingredientes é de grande importância para minimizar os impactos ambientais gerados, como redução dos estoques pesqueiros e eutrofização dos sistemas aquáticos. O objetivo do presente trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo dos ingredientes (farinha de peixe, farinha de vísceras de frango, farinha de penas hidrolisadas, farinha de *Tenebrio molitor* e farinha de *Gromphadorhina portentosa*) para juvenis de *Macrobrachium rosenbergii* pelo método indireto de sifonagem. Para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos ingredientes foram utilizados 90 camarões com peso médio de 15g, distribuídos aleatoriamente entre três caixas de polietileno de 1000L. A ração referência foi formulada de acordo com a exigência do camarão gigante da Malásia com 35% de proteína bruta e 3.600 kcal EB/kg e as rações testes compostas por 70% da ração referência e 30% do ingrediente teste. Os camarões eram alimentados três vezes ao dia (às 07h50, 12h50 e 18h50) até a sua saciedade aparente, sendo fornecido um tempo de 20 minutos para a alimentação; após este intervalo era realizada a limpeza das caixas, onde eram sifonadas as fezes e as sobras de ração. A coleta das fezes foi realizada pelo método indireto de sifonagem, duas vezes ao dia no mesmo local de alimentação (às 07h30 e 18h30), antes do fornecimento do alimento e limpeza das caixas. A temperatura da água foi mantida em 27 °C, oxigênio dissolvido: 6,65 mg/L e o pH: 7,76. Os demais parâmetros como amônia, nitrito, dureza e alcalinidade mantiveram-se dentro dos valores recomendados para a espécie em estudo. Os CDAs da MS, PB e EB foram respectivamente de 73,82; 75,21 e 76,42 para farinha de penas hidrolisadas; 76,48; 81,55 e 85,13 para farinha de vísceras de frango; 61,48; 88,28 e 88,25 para farinha de peixe; 27,49; 68,96 e 75,74 para farinha de *Tenebrio molitor* e 52,35; 59,48 e 67,64 para a farinha de *Gromphadorhina portentosa*. Os valores de proteína (%) e energia (kcal/kg) digestíveis foram de 55,20 e 3.711 para farinha de peixe; 47,27 e 4.285 para farinha de vísceras de frango; 34,56 e 4.983 para farinha de *Tenebrio molitor*; 47,72 e 3.616 para farinha de *Gromphadorhina portentosa* e 65,03 e 4.145 para farinha de penas hidrolisadas, esses resultados mostram o potencial dessas farinhas como ingredientes em dietas para juvenis do *M. rosenbergii*.

Palavras-chave: Camarão de água doce. Subprodutos de aves. Farinha de insetos. Aquicultura. Nutrição.

ABSTRACT

In prawn farming the main protein source used in the formulations is fish meal, but it is estimated that in the coming years this protein source will no longer be able to meet the demand for this activity, so the search for new ingredients is of great importance to minimize the risks, environmental impacts generated, such as reduction of fish stocks and eutrophication of aquatic systems. The objective of the present study was to determine the apparent digestibility coefficients of dry matter, crude protein, gross energy and ethereal extract of the ingredients (fish meal, poultry viscera meal, hydrolyzed feather meal, *Tenebrio molitor* meal and *Gromphadorhina portentosa* meal) for *Macrobrachium rosenbergii* juveniles by the indirect siphonage method. To determine the apparent digestibility coefficients (ACDs) of the ingredients were used 90 shrimps with average weight of 15g, randomly distributed among three boxes 1000L polyethylene. The reference feed was formulated according to the requirement of the Malaysian giant prawn with 35% crude protein and 3,600 kcal EB/kg and the test diet composed of 70% of the reference diet and 30% of the test ingredient. The prawn were fed three times a day (at 07h50, 12h50 and 18h50) until their apparent satiety, and a time of 20 minutes was provided for feeding; after this interval, the boxes were cleaned, where the faeces and leftover feed were siphoned. The collection of feces was performed by the indirect siphoning method, twice a day at the same feeding site (at 7:30 am and 6:30 pm), before feeding and cleaning the boxes. Water parameters such as temperature were maintained at 27 °C, dissolved oxygen at 6.65 mg /L and pH at 7.76. Other parameters such as ammonia, nitrite, hardness and alkalinity remained within the recommended values for the species under study. The ACDs of DM, CP and GE were respectively 73.82; 75.21 and 76.42 for hydrolysed feather meal; 76.48; 81.55 and 85.13 for poultry viscera meal; 61.48; 88.28 and 88.25 for fish meal; 27.49; 68.96 and 75.74 for *Tenebrio molitor* meal and 52.35; 59.48 and 67.64 for *Gromphadorhina portentosa* meal. The values of protein (%) and energy (kcal / kg) digestible in dry matter of 55,20 and 3,711 for fish meal; 47,27 and 4,285 for poultry viscera meal; 34.56 and 4.983 for *Tenebrio molitor* meal; 47,72 and 3,616 for *Gromphadorhina portentosa* meal and 65,03 and 4,145 for hydrolysed feather meal, these results show the potential of these flours as ingredients in *M. rosenbergii* juvenile diets.

Keywords: Freshwater Shrimp. Poultry by-products. Insect meal. Aquaculture. Nutrition.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVOS	11
1.2	Objetivo geral	11
1.3	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	AQUICULTURA	12
2.2	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	13
2.3	DIGESTIBILIDADE DOS ALIMENTOS	14
2.4	INGREDIENTES	15
2.4.1	Farinha de peixe	15
2.4.2	Farinha de vísceras	16
2.4.3	Farinha de penas hidrolisadas	16
2.4.4	Farinha de <i>Tenebrio molitor</i>	17
2.4.5	Farinha de <i>Gromphadorhina portentosa</i>	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	18
3.1	LOCAL DE ESTUDO	18
3.2	UNIDADE EXPERIMENTAL	18
3.3	FORMULAÇÃO DAS RAÇÕES	18
3.4	MANEJO DOS ANIMAIS	19
3.5	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA	20
3.6	ANÁLISES BROMATOLÓGICAS	20
4	RESULTADOS	21
4.1	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	21
4.2	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETAS	21
4.3	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA) E VALORES DIGESTÍVEIS DOS NUTRIENTES DOS INGREDIENTES	24

5	DISCUSSÃO	26
5.1	PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS	26
5.2	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETAS	26
5.3	COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA) E VALORES DIGESTÍVEIS DOS NUTRIENTES DOS INGREDIENTES.....	27
6	CONCLUSÕES	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A aquicultura é um dos setores de produção animal que mais cresce no mundo, em 2017 sua produção mundial chegou a 111,9 milhões de toneladas, sendo que a nível nacional, o Brasil atingiu aproximadamente 595.000 mil toneladas (FAO, 2018). Entre as atividades da aquicultura, a carcinicultura, ou criação de camarões em cativeiro, é uma das mais importantes economicamente, por fornecer um produto nobre e de alto valor (PÉREZ-RAMIREZ, 2010), em 2017 a produção de camarão chegou a 4 milhões de toneladas a nível mundial, sendo a produção brasileira de camarão em cativeiro para o mesmo ano de aproximadamente 60 mil toneladas (FAO, 2018).

Na carcinicultura de água doce o principal gênero cultivado no mundo é o *Macrobrachium*, e entre as espécies desse gênero, o *Macrobrachium rosenbergii*, popularmente conhecido como camarão gigante da Malásia se destaca devido às suas características biológicas e zootécnicas favoráveis para o cultivo, como alta taxa de fecundidade, rápido desenvolvimento corpóreo e grande porte, podendo atingir 32 cm de comprimento total e 500 g de peso em ambiente natural (VALENTI et al. 2009). A produção de *M. rosenbergii* em 2017, foi de 100 toneladas no âmbito nacional e 263.328 toneladas a nível mundial (FAO, 2018).

A criação de camarão de água doce assim como de qualquer outro organismo aquático, requer a utilização de rações balanceadas, ricas em nutrientes, que atendam as exigências do animal em cultivo. Atualmente a farinha de peixe é a principal fonte proteica utilizada em rações comerciais de camarão, por ser rica e balanceadas em aminoácidos essenciais e ácidos graxos insaturados, importantes para o seu desenvolvimento (SCOPEL et al. 2011). Contudo, estima-se que nos próximos anos, os estoques pesqueiros mundiais, estejam estagnados, não suportando mais a demanda da aquicultura (TESSER et al. 2019). Diante disso, diferentes ingredientes têm sido testados, para minimizar a pressão sobre os estoques pesqueiros e os custos de produção (FRECCIA et al. 2016).

Segundo Silva et al. (2015) um ingrediente alternativo precisa ser digestível, atender às exigências nutricionais dos organismos cultivados, sendo igual ou superior ao alimento convencional e ser de fácil aquisição, barateando assim os custos de produção sem reduzir a qualidade da dieta (GRAEFF & MONDARDO, 2006). Diante disso, são indispensáveis estudos sobre a digestibilidade desses ingredientes, como forma de avaliar o seu valor biológico, estimando assim a disponibilidade dos nutrientes presentes no alimento e consequentemente seu potencial de inclusão em rações comerciais (BOOTH et al. 2001).

Entre os ingredientes de origem animal, com potencial para a substituição da farinha de peixe em dietas de camarão, destacam-se: a farinha de vísceras, subproduto da indústria avícola, a qual apresenta níveis de proteína bruta, entre 55 a 70% (PEZZATO et al. 2002) e; a farinha de penas, que, apesar de conter alto teor de proteína bruta, apresenta entre 85 a 90% de queratina, proteína que se caracteriza pela baixa solubilidade e alta resistência à ação de enzimas (GRAEFF & MONDARDO, 2006), porém para melhorar a qualidade dessa proteína e então deixa-la mais disponíveis aos animais são empregados alguns processos como cocção e pressão, sendo então denominada de farinha de penas hidrolisadas.

Além desses ingredientes, outros, como as farinhas de inseto, estão sendo estudadas como sucedâneos parciais ou totais da farinha de peixe (FAO, 2013). Segundo Henry et al. (2015), as farinhas de insetos além de possuírem bom perfil nutricional, podem apresentar adequada digestibilidade após o processamento de secagem, fato que viabiliza sua inclusão em dietas de camarão (FRECCIA, 2016). Entre as principais espécies utilizadas na produção de farinhas, temos o *Tenebrio molitor* ou larva de farinha amarela. Essa espécie é considerada uma praga de grãos (GHALY & ALKOAİK, 2009), e sua farinha apresenta uma composição com teores de proteína bruta entre 47 a 60% e gordura entre 31 a 43% (MAKKAR et al. 2014). Em alguns estudos realizados com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (BELFORTI et al. 2015) e tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2016) a farinha de *T. molitor* substituiu parcialmente a farinha de peixe nas dietas, sem ocasionar redução de desempenho zootécnicos.

Outro inseto estudado na alimentação animal é a barata de Madagascar, *Gromphadorhina portentosa*. Um dos estudos recentes com esse animal foi o de Fontes et al. (2019), que ao avaliarem o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia; da farinha de *Gromphadorhina portentosa* para alevinos de tilápia do Nilo, concluíram que a barata de Madagascar apresenta potencial para ser utilizada como ingrediente alternativo nas formulações de rações aquícolas.

Em animais aquáticos, a digestibilidade dos ingredientes pela coleta de fezes pelo método direto é impossibilitada, dessa forma utiliza-se o método de coleta indireto, com o uso de indicador inerte nas fezes, dentre os indicadores presentes no mercado, o mais utilizado é o óxido de cromo (Cr_2O_3). No método indireto diferentes metodologias são utilizadas para a coleta de fezes, entre as principais, destacam-se: a sifonagem, decantação e dessecação (BUGLIONE-NETO et al., 2013). A escolha de um método depende do quanto de lixiviação de nutrientes pode ser minimizado e do hábito alimentar da espécie (MARTÍNEZ-PALACIOS et al., 2001).

Diferentes estudos de digestibilidade foram realizados em camarões marinhos para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente, em especial com a espécie *Litopenaeus vannamei*, destacam-se: Yue et al. (2012), o qual determinou a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do farelo de soja e do farelo de amendoim com base no método indireto de sifonagem; Oujifard et al. (2011), que determinaram o coeficiente de digestibilidade aparente do concentrado proteico de arroz, usando a sifonagem para a coleta de fezes; Zhu et al. (2013), que avaliaram a digestibilidade do farelos de soja de distintas procedências, sendo a sifonagem o método indireto utilizado no estudo; e Buglione-Neto et al. (2013), que avaliaram três métodos de coleta de fezes: a sifonagem, decantação e dessecação, para a determinação de coeficiente de digestibilidade aparente em *L. vannamei*, sendo a decantação, segundo esses autores, o método mais adequado para esta espécie. Entretanto para camarões de água doce, os trabalhos com digestibilidade ainda são de difícil execução, sendo que a coleta de fezes e a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente tornam-se mais complexas, pois são animais bentônicos, coprófagos e que se alimentam lentamente (SMITH & TABRETT, 2004). Segundo Gonzáles-Penã (2002) a sifonagem é o sistema de coleta de fezes que melhor se adaptou ao *M. rosenbergii* por atender as peculiaridades da espécie.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo determinar o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta dos seguintes ingredientes: farinha de peixe, farinha de penas hidrolisada, farinha de vísceras, farinha da larva de *T. molitor* e farinha de *Gromphadorhina portentosa* em dietas para juvenis de *M. rosenbergii*, utilizando o método de sifonagem.

1.1 OBJETIVOS

1.2 Objetivo geral

Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos ingredientes teste, farinha de peixe, farinha de penas hidrolisada, farinha de vísceras, farinha da larva de *T. molitor* e farinha de *Gromphadorhina portentosa* para juvenis de *M. rosenbergii* por sifonagem.

1.3 Objetivos específicos

Determinar o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes, matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo dos ingredientes farinha de peixe, farinha de

penas hidrolisada, farinha de vísceras, farinha da larva de *T. molitor* e farinha de *Gromphadorhina portentosa* para juvenis de *M. rosenbergii*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 AQUICULTURA

O pescado é um das commodities mais valiosas do mundo, podendo ser derivada da aquicultura, criação de organismos aquáticos em cativeiro ou da pesca extrativista (SMITH et al. 2010). A aquicultura tem sido a área da produção animal que mais cresce no mundo nas últimas três décadas (DAVIES et al. 2019), com uma taxa de crescimento médio anual de 6,2% desde o ano de 2000 (FAO, 2014). Essa tecnologia é diferenciada pela diversidade de espécies utilizadas, baseada em diferentes sistemas de cultivos, como extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo. O sistema extensivo é caracterizado por utilizar densidades baixas de animais para uma grande quantidade de área, onde não existe alimentação exógena apenas alimentação natural que ocorre com o auxílio de fertilização (DAUDA et al. 2018). no sistema semi-intensivo os animais são estocados em uma densidade moderada a relativamente alta e dependem tanto do alimento natural quanto do alimento artificial (DAUDA et al. 2017). Já no sistema intensivo e super-intensivo, utiliza-se elevadas densidades com uso somente de alimento artificial de alta qualidade voltado para o crescimento rápido do animal (DAUDA et al. 2018).

Nos últimos anos, a aquicultura tem sido apresentada como uma solução para o acesso ao pescado, em decorrência do declínio dos estoques pesqueiros pela pesca desordenada. Para aliviar, dessa forma, a pressão sobre a pesca extrativista, há o crescimento da produção em cativeiro, porém a aquicultura requer insumos, como a farinha e o óleo de peixe para a fabricação de rações, fato que acaba por gerar um paradoxo, uma vez que ainda existirá a necessidade de uma pressão sobre os recursos naturais para a geração de alimento na aquicultura (STEVENS et al. 2018).

Dentre as principais atividades da aquicultura, destacam-se a carcinicultura e a piscicultura, sendo a primeira atividade importante economicamente por apresentar um valor monetário elevado, contribuindo para a economia global e a segunda pela expressividade em toneladas anualmente (JAYANTHI et al. 2018). Em 2016, a produção global aquícola (incluindo algas), contribuiu com 47% da produção mundial de pescado (FAO, 2018). O grupo mais produzido foi o peixe com 54,1 milhões de toneladas, seguido de algas, com 30,1 milhões de toneladas, moluscos com 17,1 milhões de toneladas e crustáceos com 7,9 milhões

de toneladas (FAO, 2018). No Brasil, a produção de *Litopenaeus vannamei*, principal espécie cultivada na carcinicultura marinha, atingiu em torno de 60 mil toneladas em 2017 (FAO, 2018), já a produção do *Macrobrachium rosenbergii*, camarão gigante da Malásia, atingiu uma produção de 100 toneladas para o mesmo ano, atualmente é a principal espécie de camarão de água doce cultivado em todo mundo (FAO, 2018).

2.2 *Macrobrachium rosenbergii*

O camarão *M. rosenbergii* é uma espécie do filo artrópode, pertencente ao gênero *Macrobrachium*, o maior camarão de água doce do mundo, possui um grande potencial para aquicultura, originário do Sul e Sudeste da Ásia (ZHANG et al. 2019). Na China, o *M. rosenbergii* foi introduzido pela primeira vez em 1976, desde então o cultivo dessa espécie vem crescendo devido ao seu alto valor (JIANG et al. 2019).

Em geral os camarões do gênero *Macrobrachium* estão distribuídos pelas zonas tropicais e subtropicais de todo mundo, são animais de água doce, encontrados em rios, lagos e lagoas (NEW, 2002). As espécies desse gênero, em sua maioria, necessitam de águas salobras para completar seu ciclo reprodutivo, sendo que algumas preferem rios com águas claras, enquanto outras optam por águas extremamente turvas como a espécie *M. rosenbergii* (LIMPADANAI & TANSAKUL, 1980). O *M. rosenbergii*, assim como muitas espécies do gênero *Macrobrachium* foram transferidas de seu ambiente natural para outras partes do mundo, inicialmente para fins de pesquisa e logo depois para fins comerciais, atualmente o camarão gigante da Malásia é a espécie mais utilizada na carcinicultura de água doce ao redor do mundo (CHAND et al. 2015).

A primeira exportação do *M. rosenbergii* foi para o Havaí em 1965, onde ocorreram alguns trabalhos pioneiros sobre métodos de produção comercial de pós-larvas por (LING, 1969; FUJIMURA & OKAMOTO, 1972), em seguida foi introduzido em quase todos os continentes para fins aquícolas. O camarão gigante da Malásia é cultivado em muitos países sendo Bangladesh, Brasil, China, Equador, Índia, Malásia, Taiwan, Província da China e Tailândia os principais produtores (SANTOS, 2017).

Atualmente o camarão gigante da Malásia criado em água doce é uma das espécies de maior importância econômica e amplamente cultivada na China e em outros países do Sudeste Asiático (DU et al. 2012). O cultivo mundial do *M. rosenbergii* aumentou rapidamente desde 2000 em decorrência do seu alto valor de mercado (GAO et al. 2019), sendo que atualmente o montante gerado pelo cultivo mundial desse camarão excede US\$ 2,5 bilhões por ano (CAO et al. 2017).

O conhecimento limitado sobre as necessidades nutricionais nas diferentes fases do *M. rosenbergii* tem sido fator limitante para viabilizar economicamente sua produção (GODA, 2008). Em geral, essa espécie é capaz de digerir uma grande variedade de alimentos, tanto de origem vegetal como animal (MITRA et al. 2005). Estudos que caracterizaram as atividades enzimáticas do trato alimentar desses animais indicam a presença de tripsina, amino peptidases, proteases, amilases, quitinase, celulase, esterases e lipases (MITRA et al. 2005). Apesar de ser uma espécie de grande potencial comercial, sua produção ainda é recente, assim as exigências nutricionais não estão totalmente estabelecidas. No entanto, na última década, muitos pesquisadores tem estudado as exigências nutricionais dessa espécie, e, conseqüentemente melhorar sua produtividade nos cultivos com rações balanceadas específicas (NEW & VALENTI, 2000).

Em relação às exigências nutricionais para carboidratos, segundo Mitra et al. 2005 a espécie *M. rosenbergii* utiliza os carboidratos como fonte de energia de forma eficiente quando comparado com outros camarões, devido à presença de amilase no seu hepatopâncreas, essa enzima faz com que a espécie *M. rosenbergii* aproveite de maneira eficaz os polissacarídeos mais complexos como amido, dextrina e glucosamina, sendo a glucosamina um componente auxiliar durante a muda (MITRA et al. 2005).

Os lipídios atuam tanto na maturação como na qualidade dos ovos do *M. rosenbergii*, no entanto essa espécie apresenta uma capacidade limitada para biossintetizar fosfolipídios sendo necessária uma suplementação desse composto nas dietas (TIWARI & SAHU, 1999). Em relação às proteínas os autores; FREUCHTNIHCHT et al. (1988) apresentara para o *M. rosenbergii* uma exigência de proteína na fase de engorda de 30% a 35%, e na fase larval de 55% (NEW & VALENTI, 2000). Portanto, os estudos de digestibilidade são extremamente importantes para o *M. rosenbergii*, uma vez que as informações nutricionais ainda são escassas para a espécie.

2.3 DIGESTIBILIDADE DOS ALIMENTOS

Na aquicultura, as dietas são responsáveis por mais da metade dos custos operacionais na produção, sendo a proteína na dieta o nutriente mais caro. Atualmente, a principal fonte convencional nas dietas para os animais de cultivo é a farinha de peixe (MUNGUTI et al. 2012). Este alimento é a fonte proteica mais utilizada nas formulações devido à composição de aminoácidos essenciais, alta palatabilidade e digestibilidade, além de não apresentar fatores antinutricionais (KAUSHIK & SEILIEZ, 2010). No entanto, as espécies utilizadas para a

produção da farinha de peixe; como a sardinha, salmão, pescada branca e entre outras estão em declínio, dessa forma a pesquisa para encontrar novos substitutos é extremamente importante para reduzir os custos operacionais e os impactos ambientais gerados na aquicultura (SÁNCHEZ-MUROS et al. 2014). Atualmente existem diversos estudos testando novas fontes de proteína animal para a fabricação de rações para peixes e crustáceos (KIM et al. 2019).

Para avaliar o potencial de um ingrediente alternativo ou convencional, deve-se primeiramente realizar uma análise de sua composição centesimal, visando compreender a qualidade nutricional de seus nutrientes e energia (GLENCROSS et al. 2007); posteriormente, realizar testes para estimar o quanto de seus nutrientes e energia são digeríveis e absorvidas pela espécie.

O coeficiente de digestibilidade aparente é uma forma de quantificar a fração do nutriente não excretado nas fezes e assim determinar o quanto foi digerido pelo animal, quanto maior for o coeficiente de digestibilidade dos ingredientes e nutrientes, mais eficiente será o seu uso pelos animais, (BERGAMIN et al. 2013).

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade, são utilizados dois métodos, odireto e indireto. No método direto ocorre a mensuração de todo o alimento consumido e de toda excreção, utilizado em especial para animais terrestres. Já no método indireto, utilizado para animais aquáticos, onde não é possível quantificar todo o alimento consumido e excreções, é necessária a utilização de um marcador nas concentrações de 0,1 a 0,5%, que depois são avaliados nas fezes, o óxido de cromo (Cr_2O_3) é atualmente um dos marcadores mais utilizados para testes de digestibilidade, porém existem outros que podem ser empregados (SANTOS et al. 2009).

2.4 INGREDIENTES

2.4.1 Farinha de peixe

A farinha de peixe é um dos principais ingredientes nas formulações de rações para camarões, apresentando uma proteína de alta qualidade, fácil digestão e um bom perfil de aminoácidos (TESSER et al. 2019). Contudo, o rápido crescimento da aquicultura entrelaçado a estabilização da pesca dos principais peixes como sardinha, anchova e pescada branca utilizados para a produção da farinha de peixe tem ocasionado um déficit desse ingrediente no mercado, levando as indústrias de rações a buscarem novas formas de manter a qualidade das dietas sem a utilização direta dos estoques pesqueiros (NUTRIAQUA, 2012), uma das alternativas é a utilização de resíduos do beneficiamento de peixe (FELTES et al. 2010).

Estima-se que de 2006 a 2020 o uso da farinha de peixe oriunda da pesca extrativista seja reduzido para 37%, atualmente seu uso em rações aquícolas é de aproximadamente 50% (TACON & METIAN, 2008).

2.4.2 Farinha de vísceras

A farinha de vísceras é um coproduto do abatedouro de aves, resultante da cocção, prensagem e moagem das vísceras, nessa farinha é permitida a inclusão de cabeças e pés ao uma proporção de 3,6% e 3,4%, respectivamente, sendo a remoção de sangue e penas obrigatória durante o seu processamento, a utilização ou presença desses componentes é caracterizada como adulteração (NUTRIAQUA, 2012). A proteína da farinha de vísceras pode variar de 55 a 70%, porém o seu elevado teor proteico não indica qualidade (NUTRIAQUA, 2012).

Diversos estudos têm sido realizados com a farinha de vísceras. Entre eles, destacam-se o de Boscolo et al. (2005), sobre inclusão da farinha de vísceras em dietas para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a fase de reversão sexual e o de Signor et al. (2008), com inclusão da farinha de vísceras em rações de alevinos de lambari (*Astyanax altiparanae*).

2.4.3 Farinha de penas hidrolisadas

Com o desenvolvimento do setor de avicultura, aumentou-se o número de abates, e conseqüentemente, os problemas gerados pelo resíduo dos abatedouros. Dessa forma, o uso de seus resíduos para a fabricação de farinhas para a alimentação animal é uma forma de minimizar esses impactos gerados na avicultura. As penas representam cerca de 7% do peso do abate, a qual proporciona uma grande quantidade de farinha de penas no mercado (MOURA, 1993).

A farinha de penas apresenta um alto teor de proteína bruta de 85 a 90% e, por isso, tem sido de grande interesse na nutrição animal (GRAEFF & MONDARDO, 2006). A farinha de penas ao ser inserida na alimentação deve passar pelo processo de hidrólise a fim de eliminar a queratina para deixar os nutrientes mais disponíveis ao animal. Vários estudos com mostram que a farinha de peixe pode ser parcialmente substituída pela farinha de penas, porém por apresentar uma proteína de menor valor biológico, e conseqüentemente, deficiência nos níveis de aminoácidos essenciais como histidina, metionina, lisina e triptofano, a farinha de penas deve ser incluídas em dietas comerciais em níveis que variam de 5 a 10% (HERTRAMPF & PIEDAD-PASCUAL, 2000).

Entre os estudos com a utilização da farinha de penas em dietas animal destaca-se os realizados com *Acipenser baerii* (LIU et al. 2009), *Oncorhynchus mykiss* (GAYLORD et al. 2008), *Pseudoplatystoma reticulatum* (SILVA et al. 2013) e com *Oreochromis niloticus* (PEZZATO et al. 2002).

2.4.4 Farinha de *Tenebrio molitor*

Os insetos possuem grande potencial para tornar-se um dos substitutos da farinha de peixe (HENRY et al., 2015), sendo que seu potencial como alimento animal já foi observado em diversas pesquisas (VELDKAMP et al. 2012 & VAN HUIS, 2013). Apresentando alta quantidade e qualidade de proteína bruta (MAKKAR et al. 2014). O *Tenebrio molitor* ou larva de farinha amarela é uma das espécies de insetos mais valiosas para uso na alimentação animal (VAN HUIS, 2013). Essa espécie é considerada uma praga de cereais, pertence à família Tenebrionidae (VELDKAMP et al. 2012). Seu ciclo de vida compreende de 280 a 630 dias (MAKKAR et al. 2014). Atualmente, as larvas da farinha de *T. molitor* são produzidas industrialmente para a alimentação de animais de estimação e de zoológicos, sendo facilmente produzidas em pequenas instalações (MAKKAR et al. 2014).

A farinha desse inseto contém elevadas concentrações de proteína bruta entre 47 a 60% e gordura de 31 a 43%, além de níveis adequados de aminoácidos essenciais e ácidos graxos (MAKKAR et al. 2014).

Diferentes estudos foram realizados para avaliar o potencial desse inseto na alimentação animal. No estudo de Piccolo et al. (2017) ao avaliar os efeitos da inclusão da farinha de *Tenebrio molitor* em dietas para robalo europeu (*Sparus aurata*) verificou-se que a inclusão de até 25% dessa farinha não ocasiona danos zootécnicos ao animal. Segundo Belforti et al. (2015) a farinha de *T. molitor* é um ingrediente inovador e promissor para substituir a farinha de peixe em dietas, porém ressalta a necessidades de novas pesquisas para avaliar os efeitos negativos dessa farinha sobre o valor nutricional das espécies.

2.4.5 Farinha de *Gromphadorhina portentosa*

A barata de Madagascar, *Gromphadorhina portentosa*, é um artrópode grande de 70 a 80 mm, é conhecido pela resposta sonora que produz quando perturbado ou ameaçado. Essa espécie pertence à Ordem Blattodea, apresenta uma coloração avermelhada no abdômen e negra na região do tórax e cabeça, sendo seu habito noturno. É um animal tropical, com condições ideais de sobrevivência entre 23°C a 26°C. A sua composição química é de aproximadamente 67% de proteína bruta, 17% de gordura total e 5.063 kcal/kg de energia

bruta. Os estudos com essa espécie são escassos na literatura, sendo que a maioria é realizado com a mosca soldado negro (*H. illucens*), mosca doméstica (*M. domestica*), e larva amarela (*T. molitor*). Apesar do número limitado de pesquisas, o uso de insetos como ingrediente alternativo tem sido bastante discutido, pois, esses animais apresentam uma composição nutricional apropriada para sua inclusão em dietas aquícolas (FONTES et al. 2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Produção e Reprodução de Peixes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina entre julho de 2018 a janeiro de 2019.

3.2 UNIDADE EXPERIMENTAL

A estrutura física para manutenção dos camarões consistiu em três caixas experimentais de polietileno de 1000L de volume útil, mantidas em um sistema de recirculação constante com biofiltro e aeração contínua por mangueiras com pedras porosas ligadas a um soprador de ar, com a temperatura do sistema mantida em $\pm 27^{\circ}\text{C}$ por meio de termostatos.

3.3 FORMULAÇÃO DAS RAÇÕES

Para elaboração da dieta referência e das dietas teste, todos os ingredientes foram moídos em um triturador do tipo facas e martelos em peneira de 0,5 mm, posteriormente foram pesados, misturados e umedecidos com água a 55°C , então, peletizados em uma peletizadora experimental obtendo péletes de 1,0 mm, sendo a peletização realizada na sala de apoio do Laboratório de Carcinicultura. Após o processo de peletização, as dietas foram secas em estufa de circulação forçada de ar por 24h a uma temperatura de 55°C e em seguida foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenados em freezer até o fornecimento dos animais.

Na dieta referência e nas dietas teste foram adicionados 0,1% de óxido cromo (Cr_2O_3) como marcador inerte. A ração referência foi formulada atendendo todas as exigências nutricionais da espécie de acordo com o D'Abramo et al. (1997), de maneira a conter 35% de proteína bruta e 3.600 kcal EB/kg. As dietas teste foram compostas por 70% da dieta referência e 30% do ingrediente teste (farinha de peixe, farinha de vísceras, farinha de penas

hidrolisadas, farinha da larva de *T. molitor* e farinha de *Gromphadorhina portentosa*) (Tabela 1).

Tabela 1. Composição percentual da dieta referência, utilizada para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e energia dos ingredientes para juvenis de *M. rosenbergii*.

Ingredientes	%
Farelo de soja	44,12
Farinha de peixe	25,0
Milho	24,42
Óleo de soja	3,34
Carboximetilcelulose	2,0
Premix ¹	1,0
Óxido crômico	0,1
BHT ²	0,02
Total	100

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

¹Complemento vitamínico e mineral níveis de garantia por quilograma do produto: Ácido fólico: 200 mg; Ácido pantotênico: 4.000 mg; Biotina: 40 mg; Cobre: 2.000 mg; Ferro: 12.500 mg; Iodo: 200 mg; Manganês: 7.500 mg; Niacina: 5.000 mg; Selênio: 70 mg; Vitamina A: 1.000.000 UI; Vitamina B1: 1.900 mg; Vitamina B12: 3.500 mg; Vitamina B2: 2.000 mg; Vitamina B6: 2.400 mg; Ácido ascórbico: 50.000 mg; Vitamina D3: 500.000 UI; Vitamina E: 20.000 UI; Vitamina K3: 500 mg; Zinco: 25.000 mg.

²BHT=butil-hidroxitolueno.

3.4 MANEJO DOS ANIMAIS

Foram utilizados 90 juvenis do *M. rosenbergii*, com peso médio de 15g, distribuídos aleatoriamente entre as três caixas experimentais a uma densidade de 30 camarões por caixa. Inicialmente os animais foram aclimatados às condições experimentais, sendo três dias de adaptação tanto para a dieta referência, como para cada dieta teste (GONZALES-PENÃ et al. 2002). Os camarões, então, eram alimentados até a sua saciedade aparente três vezes ao dia (às 08h50, 12h50 e 18h50), sendo fornecido aos animais um tempo de 20 minutos para sua alimentação; após este intervalo era realizada a limpeza das caixas, onde eram sifonadas as fezes antigas e as sobras de ração. Para a coleta das fezes foi utilizado o método indireto de sifonagem, seguindo a metodologia empregada por González-Peña et al., (2002) para o camarão *M. rosenbergii*. A coleta era realizada duas vezes ao dia (às 07h30 e 18h30), no mesmo local de alimentação, antes do fornecimento do alimento e da limpeza das caixas, após a sifonagem das fezes, as mesmas passavam por peneira de malha de 300 micras e em seguida eram armazenadas em frascos plásticos no freezer a uma temperatura de (-15°C).

3.5 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Os parâmetros físicos e químicos da água como temperatura (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L) foram monitorados diariamente pela manhã (07h30) e à tarde (18h30) com auxílio do medidor multiparâmetro da marca AKSO, modelo AK87/AK88. O pH, dureza, alcalinidade e as concentrações de nitrato, nitrito e amônia foram mensuradas semanalmente, utilizando a metodologia do APHA (2005) no Laboratório de Qualidade de Água e Limnologia da UFPR. Para manter a dureza na faixa recomenda para espécie foi realizada periodicamente de acordo com a necessidade a correção da dureza com adição de 0,5g de calcário dolomítico por litro de água (ARANA, 2010).

3.6 ANÁLISES BROMATOLÓGICAS

As análises bromatológicas das dietas, fezes e dos ingredientes teste, quanto aos valores de matéria seca, proteína bruta, energia bruta e extrato etéreo foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR, Setor Palotina, de acordo com a metodologia descrita por AOAC (2000), já a concentração do óxido de cromo, foi determinada no Laboratório de Solos, da Universidade Estadual de Maringá-UEM, por espectrofotometria de absorção atômica, utilizando a metodologia de Kimura e Miller (1957) e as análises de aminoácidos foram realizadas na CBO análises laboratoriais, utilizando as metodologias de White (1986) e Hagen (1989). Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das dietas, ingredientes e nutrientes foram determinados seguindo as formulas propostas por Mukhopadhyay & Ray, (1997).

a) Coeficiente de Digestibilidade aparente (CDA) da dieta referência (DR) e dieta teste (DT):

$$100-100 \left(\frac{\% \text{ marcador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \right)$$

b) Coeficiente de Digestibilidade aparente dos nutrientes da DR e DT:

$$100-100 \left(\frac{\% \text{ macador na dieta}}{\% \text{ marcador nas fezes}} \times \frac{\% \text{ nutrientes nas fezes}}{\% \text{ nutrientes na dieta}} \right)$$

c) Coeficiente de Digestibilidade aparente do ingrediente teste:

$$\frac{100}{\% \text{ ingrediente teste}} \left(\text{CDA da DT} - \frac{\% \text{DR}}{100} \times \text{CDA DR} \right)$$

d) Digestibilidade aparente dos nutrientes do ingrediente teste:

$$\frac{100}{\% \text{ ingrediente teste}} \left(\text{CDA do nutriente DT} - \frac{\% \text{DR}}{100} \times \text{CDA do nutriente da DR} \right)$$

4 RESULTADOS

4.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Os parâmetros da água mantiveram-se dentro da faixa recomendada para a espécie de *Macrobrachium rosenbergii*, consistindo a temperatura média do sistema de $27^{\circ}\text{C} \pm 1,1$, oxigênio dissolvido de $6,65 \text{ (mg/L)} \pm 1,01$ e o pH médio de $7,76 \pm 0,3$, os demais parâmetros como amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza encontram-se também dentro dos valores recomendado pela literatura para a espécie estudada (NEW, 2002) (Tabela 2).

Tabela 2. Parâmetros físicos e químicos da água obtidos durante o período experimental.

Parâmetros	Média
Amônia total (mg L ⁻¹)	0,019 ± 0,03
Nitrito (mg L ⁻¹)	0,010 ± 0,01
Nitrato (mg L ⁻¹)	1,19 ± 0,71
Alcalinidade total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	83,17 ± 8,4
Dureza total (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	27,67 ± 23,9
pH	7,76 ± 0,3
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	6,65 ± 1,0
Temperatura	27 ± 1,1

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

4.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETAS

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios da composição química e aminoacídica dos alimentos testados. A farinha de penas hidrolisadas apresentou maior quantidade de proteína bruta e a farinha de *T. molitor* menor valor deste nutriente, porém essa farinha obteve maior quantidade de extrato etéreo e energia, em relação à matéria seca, a farinha de penas apresentou menor quantidade. Para aminoácidos essenciais, a farinha de penas hidrolisadas apresentou maior quantidade de valina, isoleucina e leucina, já a farinha de peixe maior teor de metionina e lisina.

Tabela 3. Composição química dos ingredientes quanto ao teor de aminoácidos (aa), nutrientes matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e da energia bruta (EB) (base na matéria seca).

Aminoácido (%)	Farinha de <i>G.portentosa</i>	Farinha de <i>T. molitor</i>	Farinha de Penas hidrolisadas	Farinha de Peixe	Farinha de Vísceras de frango
Essencial					
Histidina	1,71	1,55	1,14	1,01	1,19
Treonina	1,94	2,04	4,06	2,3	2,95
Valina	3,29	3,13	7,44	2,22	3,04
Metionina	0,71	0,68	0,76	1,35	0,9
Isoleucina	1,89	2,27	4,07	1,83	1,94
Leucina	3,4	3,71	7,03	3,26	4,05
Fenilalanina	2,03	2,12	4,33	1,95	2,25
Lisina	2,75	3,2	2,96	3,48	2,93
Não-essencial					
Ácido Aspártico	4,29	4,56	6,08	3,54	4,1
Ácido Glutâmico	5,46	5,96	8,8	6,45	7,29
Serina	2,05	2,13	8,47	2,22	3,85
Glicina	6,25	2,9	6,51	8,24	6,18
Arginina	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
Prolina	2,67	2,67	2,67	2,67	2,67
Tirosina	3,76	3,76	3,76	3,76	3,76
Cistina	3,86	3,86	3,86	3,86	3,86
Nutrientes %					
Matéria seca	93,35	93,67	88,08	93,79	95,20
Proteína Bruta	74,90	46,94	76,16	58,64	55,18
Extrato etéreo	11,33	27,60	3,24	6,22	11,97
Energia Bruta	4.990	6.160	5.424	3.940	5.033

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

Na Tabela 4, encontram-se os valores médios da composição química das dietas experimentais. A dieta a base de farinha *T. molitor* apresentou maior quantidade de extrato etéreo, conseqüentemente maior quantidade de energia. Para a proteína bruta a dieta a base de farinha de penas hidrolisadas apresentou maior valor. Em relação aos aminoácidos essenciais, a farinha de penas hidrolisadas obteve os maiores valores média para valina, isoleucina e leucina, já a farinha peixe apresentou maiores valores média de lisina e metionina.

Tabela 4. Composição química das dietas experimentais quanto aos teores de aminoácidos (aa), nutrientes matéria seca (MS), proteínas bruta (PB), extrato etéreo (EE) e da energia bruta (EB) (base na matéria seca).

Aminoácido (%)	Farinha de <i>G.portentosa</i>	Farinha de <i>T. molitor</i>	Farinha de Penas hidrolisadas	Farinha de Peixe	Farinha de Visceras de frango	Referência
Essencial						
Histidina	1,08	0,99	0,93	0,93	0,94	0,84
Treonina	1,77	1,61	2,47	1,94	1,87	1,55
Valina	2,10	2,04	3,03	1,90	2,11	1,71
Metionina	0,57	0,64	0,62	0,77	0,64	0,59
Isoleucina	1,64	1,70	2,26	1,70	1,79	1,58
Leucina	2,83	2,89	3,94	2,94	3,09	2,74
Fenilalanina	1,71	1,73	2,40	1,79	1,86	1,69
Lisina	2,21	2,33	2,28	2,61	2,33	2,34
Não-essencial						
Ácido Aspártico	3,81	3,63	4,21	3,51	3,58	3,49
Ácido Glutâmico	5,58	5,46	5,76	6,07	5,97	5,71
Serina	1,78	1,78	3,88	1,94	2,21	1,69
Glicina	4,00	2,86	4,02	4,67	3,86	3,04
Arginina	2,69	2,56	3,48	3,15	3,04	2,65
Prolina	2,62	2,55	3,95	3,26	3,04	2,48
Tirosina	1,82	1,85	1,51	1,31	1,26	1,22
Cistina	0,44	0,50	0,58	0,51	0,45	0,55
Nutrientes %						
Matéria seca	94,54	95,61	94,94	95,92	96,40	95,57
Proteína Bruta	51,81	43,97	52,62	47,15	46,41	38,59
Extrato etéreo	6,36	9,26	3,04	4,01	6,12	2,48
Energia Bruta	4,891	5,334	4,709	4,303	4,730	4,433

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

4.3 COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA) E VALORES DIGESTÍVEIS DOS NUTRIENTES DOS INGREDIENTES

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos e nutrientes dos alimentos estão apresentados na Tabela 5. Dentre os alimentos abaixo, a farinha de peixe apresentou maior CDA de proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta. Já a farinha de *G.portentosa* apresentou menor CDA de proteína bruta, e a farinha de penas, menor quantidade de extrato etéreo, enquanto que a farinha de *Tenébrio molitor* teve menor coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca. Para os aminoácidos essenciais, a farinha de peixe apresentou maior CDA de lisina e leucina e a farinha de vísceras de frango maior CDA para metionina e isoleucina.

Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos ingredientes em relação aos aminoácidos (aa), nutrientes matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e da energia bruta (EB) (base na matéria seca).

Aminoácido (%)	Farinha de <i>G.portentosa</i>	Farinha de <i>T. molitor</i>	Farinha de Penas hidrolisadas	Farinha de Peixe	Farinha de Vísceras de frango
Essencial					
Histidina	13,29	66,43	73,01	88,87	89,50
Treonina	68,23	80,54	79,65	90,75	92,52
Valina	12,80	73,98	70,82	87,39	84,48
Metionina	86,09	76,45	82,96	89,26	90,33
Isoleucina	67,93	77,73	78,26	87,88	88,25
Leucina	66,11	78,24	75,29	89,04	88,52
Fenilalanina	68,00	68,24	77,05	85,84	87,70
Lisina	83,33	81,61	78,25	91,12	87,77
Não-essencial					
Ácido Aspártico	82,23	90,95	86,63	95,01	93,25
Ácido Glutâmico	82,59	86,73	81,28	95,28	92,78
Serina	60,33	78,16	79,45	91,68	91,04
Glicina	51,04	68,21	82,00	92,23	91,71
Arginina	79,15	85,84	83,62	93,48	90,94
Prolina	35,74	80,39	79,95	91,77	91,84
Tirosina	1,95	74,94	80,51	89,98	89,13
Cistina	67,90	65,02	71,56	79,19	77,85
Nutrientes %					
Matéria seca	52,35	27,49	73,82	61,48	76,48
Proteína Bruta	59,48	68,96	75,21	88,28	81,55
Extrato etéreo	87,95	96,62	73,17	99,89	97,29
Energia Bruta	67,64	75,74	76,42	88,25	85,13

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

Na Tabela 6, são observados os valores médios dos aminoácidos e nutrientes digestíveis dos alimentos. A farinha de penas hidrolisadas apresentou maior quantidade de proteína digestível, já a farinha de *T. molitor* foi o alimento que obteve a menor quantidade desse nutriente, por outro lado apresentou maior quantidade de extrato etéreo e energia digestível, e para a matéria seca digestível, a farinha de vísceras apresentou maior quantidade desse nutriente. Para os aminoácidos essenciais digestíveis, a valina, isoleucina e leucina estão em maior quantidade na farinha de penas hidrolisadas e a metionina e lisina em maior quantidade na farinha de peixe.

Tabela 6. Valores médios dos aminoácidos (aa), nutrientes matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia digestíveis dos ingredientes testes (base na matéria seca).

Aminoácido (%)	Farinha de <i>G.portentosa</i>	Farinha de <i>T. molitor</i>	Farinha de penas hidrolisadas	Farinha de peixe	Farinha de vísceras de frango
Essencial					
Histidina	0,23	1,03	0,83	0,90	1,06
Treonina	1,32	1,64	3,23	2,09	2,73
Valina	0,42	2,32	5,27	1,94	2,57
Metionina	0,61	0,52	0,63	1,20	0,81
Isoleucina	1,28	1,76	3,19	1,61	1,71
Leucina	2,25	2,90	5,29	2,90	3,59
Fenilalanina	1,38	1,45	3,34	1,67	1,97
Lisina	2,29	2,61	2,32	3,17	2,57
Não-essencial					
Ácido Aspártico	3,53	4,15	5,27	3,36	3,82
Ácido Glutâmico	4,51	5,17	7,15	6,15	6,76
Serina	1,24	1,66	6,73	2,04	3,51
Glicina	3,19	1,98	5,34	7,60	5,67
Arginina	2,24	2,29	4,57	3,67	3,57
Prolina	1,09	2,48	6,16	4,52	4,09
Tirosina	0,07	2,89	2,10	1,21	1,55
Cistina	0,63	0,59	1,13	0,66	0,46
Nutrientes %					
Matéria seca	48,87	25,75	65,02	57,66	72,81
Proteína Bruta	47,72	34,56	65,03	55,20	47,27
Extrato etéreo	10,68	28,46	2,69	6,21	12,24
Energia Bruta	3.616	4.983	4.145	3.711	4.285

FONTE: Rosane Lopes (jul. 2019)

5 DISCUSSÃO

5.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

Todos os parâmetros da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza) foram mantidos dentro da faixa recomendada para a espécie de *Macrobrachium rosenbergii*, os mesmos apresentaram variações normais, exceto a dureza (NEW et al., 2002). A dureza manteve-se dentro da faixa recomendada de 20mg/L através da correção de 0,5g de calcário dolomítico por litro de água (ARANA, 2010), porém a mesma sofreu grandes variações, advindo das trocas constantes de água do sistema, conseqüentemente a quantidade de calcário adicionado não era suficiente para corrigir a baixa dureza da água provinda da rua.

5.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS INGREDIENTES E DIETAS

A composição química da *Gromphadorhina portentosa* e *Tenebrio molitor* foram semelhante aos encontrados por Fontes et al., (2019), já para as farinhas de vísceras e penas hidrolisadas Bureau et al., (1999), encontraram resultados próximos ao do presente trabalho, o mesmo foi observado por Oujifard et al., (2012) para a farinha de peixe.

Entre os ingredientes testados, a farinha de *Tenebrio molitor*, possui maior valor médio de extrato etéreo, esse resultado pode ser reflexo dos altos teores de lipídios dessa farinha, além disso, essa espécie apresenta bom perfil de ácidos graxos essenciais, chegando a ter 54% do ácido linoleico e 6% do linolênico, do total de lipídeos presentes no alimento, esses valores podem ser variáveis dependentes da dieta em que os animais são submetidos (MAKKAR et al. 2014). Em relação à farinha de penas este alimento apresentou maior quantidade de proteína bruta (GRAEFF & MONDARDO, 2006).

As dietas experimentais apresentaram valores distintos dos observados na literatura, porém comparar composições químicas de dietas pode ser incoerente, pois existem diversos fatores influenciando sua composição, como a procedência, o tipo de processamento, e matéria-prima dos alimentos utilizados, a formulação da dieta e a espécie estudada também podem resultar em diferenças para a composição da dieta que deve atender as exigências nutricionais dos animais (CARDOSO, 2017).

5.3 COEFICIENTE DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA) E VALORES DIGESTÍVEIS DOS NUTRIENTES DOS INGREDIENTES

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos ingredientes obtidos para o *M. rosenbergii* são próximos aos encontrados por outros autores. Para a farinha de penas hidrolisadas os CDA foram semelhantes aos encontrados para a truta arco-íris (CHENG et al. 2004); o da farinha de insetos (*Gromphadorhina portentosa* e *Tenebrio molitor*), próximos aos relatados para alevinos de tilápia do Nilo (FONTES et al., 2019) e das farinha de vísceras e de peixe similares aos observados para *Sparus aurata* e *Oncorhynchus mykiss* (PICOLLO et al., 2017 & BUREAU et al., 1999).

As farinhas de insetos (*Gromphadorhina portentosa* e *Tenebrio molitor*) foram as que apresentaram menores valores médios de coeficientes de digestibilidade aparente de aminoácidos e nutrientes entre os ingredientes do presente estudo. Segundo Henry et al. (2015), essa redução na digestibilidade das farinhas de inseto, pode ter ocorrido devido a quitina, proteína presente na carapaça dos insetos e que possui capacidade de ligar-se as proteínas e lipídeos, podendo assim limitar a absorção desses nutrientes pelos animais, resultando em menores CDAs como observados no presente trabalho. Além disso, o grau de esclerização da proteína e a quantidade de aminoácidos cuticulares ligados à quitina, podem afetar o CDA dos aminoácidos (FINKE, 2007).

Diversos estudos estão sendo realizados em relação ao nível de inclusão da farinha de insetos em dietas aquícolas, esses estudos visam analisar a influência da quitina sobre a digestibilidade dos nutrientes, muitas dessas pesquisas propõem um nível de inclusão de até 26% e inviabilizam as inclusões entre 35 e 43% por ocasionar danos ao crescimento dos animais (NG et al. 2001). Segundo Piccolo et al., 2017, quanto maior o nível de inclusão maior o teor de quitina, que diminui a capacidade de absorção de nutrientes pelo trato digestório.

Dentre as farinhas de inseto a *Gromphadorhina portentoso* apresentou o menor coeficiente de digestibilidade aparente para energia bruta, porém esse valor foi superior ao encontrado para tilápia do Nilo (FONTES et al. 2019), esse maior CDA de energia para o camarão gigante da Malásia, pode estar relacionado a presença da quitinase em seu hepatopâncreas (MITRA et al. 2005), essa enzima é responsável por realizar a digestão da quitina, sua produção depende do hábito alimentar da espécie (ALMEIDA NETO, 2011).

Dos ingredientes testados a farinha de peixe foi a que apresentou maior valor médio de coeficiente de digestibilidade aparente para proteína bruta e energia bruta, esse resultado está

de acordo com os relatados para a *Sparus aurata* e *Oncorhynchus mykiss* por (PICOLLO et al. 2017 & BUREAU et al. 1999). O melhor aproveitamento da proteína e energia da farinha de peixe pelo *M. rosenbergii* pode ser explicado pelo perfil de aminoácidos essenciais e pela composição de ácidos graxos essenciais poli-insaturados (PUFAs) como eicosapentaenóico (20:5n-3, EPA) e docosahexaenóico (22:6n-3, DHA), necessários para o crescimento dos camarões (TESSER et al. 2019). Dessa forma, a preferência pela farinha de peixe como principal fonte proteica na aquicultura é perfeitamente entendida, porém, com o alto custo e a escassez desse ingrediente no mercado (HARDY, 2010) a procura por novos substitutos é imprescindível no estudo dos coeficientes de digestibilidade aparente desses outros ingredientes, entre eles se destacam a farinha de vísceras e de penas hidrolisadas que apresentaram valores de CDAs médios similares aos da farinha de peixe do presente estudo. Uma desvantagem entre esses ingredientes é o menor valor biológico da proteína que apresenta quantidades inferiores de aminoácidos essenciais em sua composição, porém este fato não descarta a possibilidade da farinha de vísceras e penas tornarem-se substitutos da farinha de peixe (ALLAN et al. 2000), principalmente com o a possibilidade de suplementação de aminoácidos cristalinos para camarões (RICHARD et a. 2011).

Em relação aos nutrientes digestíveis os ingredientes apresentaram resultados que permitem o seu uso em dietas para *M. rosenbergii*, a farinha de penas hidrolisadas apresentou 65,03% de proteína digestível, maior valor médio encontrado dentre os ingredientes analisados no presente estudo. Além disso, valores digestíveis médios dos aminoácidos essenciais como valina, leucina e fenilalanina foram maiores para esse ingrediente, provavelmente em decorrência da eficiência do processo de hidrólise que, ao ocasionar a quebra das ligações proteína/queratina torna os aminoácidos mais disponíveis para o animal (SINHORINI, 2013). Esse resultado serve de base para a utilização desse ingrediente em dietas aquícolas, podendo assim minimizar a pressão sobre os estoques naturais de sardinha usadas para a formulação da farinha de peixe, além disso, a sua utilização tende a reduzir os problemas ambientais gerados com os resíduos da avicultura (CHENG et al. 2004).

As farinhas de insetos apresentaram os menores valores médios de aminoácidos e nutrientes digestíveis, provavelmente pela presença da quitina que reduz a disponibilidade dos aminoácidos e nutrientes (GRAEFF & MONDARDO, 2006), mas isso não impede sua utilização em dieta para organismos aquícolas, podendo ser utilizada em substituição parcial da farinha de peixe ou passar por processamento para redução ou eliminação da quitina presente, por meio da utilização de bactérias quitinolíticas ou por métodos químicos e enzimáticos antes de serem adicionados às dietas como quitina-oligossacarídeos (COS),

acetilglucosamina (GlcNAc) ou quitosana (PICOLLO et al. 2017). Existem alguns estudos como os de (FINES & HOLT, 2010) e (GOPALAKANNAN & ARUL, 2006) que não mostraram influência de distintas concentrações de quitina sobre o desempenho de diferentes espécies de peixes.

A determinação da digestibilidade é uma ferramenta fundamental para avaliar a qualidade da dieta ou ingrediente, a partir dos valores de CDA dos ingredientes testados são encontrados os nutrientes e energia digestíveis, conseqüentemente a fração não digestível do alimento que irá compor parte dos resíduos acumulados no ambiente aquático (FURUYA et al. 2008). No presente estudo pode ser observado por meio dos CDA médios dos aminoácidos, nutrientes e energia, que as farinhas de vísceras, penas hidrolisadas e a farinha de peixe apresentaram valores médios próximos entre si, possibilitando assim, a sua utilização como substituto da farinha de peixes. Dessa forma, minimizar os custos operacionais e a pressão dos estoques pesqueiros naturais, além disso, existe a redução dos resíduos produzidos pelas indústrias avícolas no meio ambiente, uma vez que, terão uma destinação específica, como alimentação animal. Mesmos as farinhas de inseto apresentando menores CDA e composição de nutrientes e energia digestíveis em relação aos demais ingredientes, possivelmente pela presença da quitina, estas ainda podem ser utilizadas em dietas aquícolas, pois sua utilização é considerada sustentável, uma vez que, sua produção é baseada no baixo custo inicial e no mínimo uso de terras e recursos hídricos quando comparada como as demais matérias primas que apresentam desafios ambientais, tais como o aumento do desmatamento causado pela produção do milho, principal fonte de alimentação na avicultura, ou da sobrepesca dos recursos pesqueiros para produzir a farinha de peixe (CHAALALA & MAKKAR, 2018).

A determinação dos CDAs dos ingredientes é imprescindível, uma vez que, são utilizados como base para a formulação das rações para garantir uma maior proximidade entre os nutrientes e energia que são digeridos pelos animais. Porém mais estudos devem ser realizados com os ingredientes testados para avaliar seus efeitos sobre o desempenho zootécnico do *M. rosenbergii*.

6 CONCLUSÕES

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, matéria seca, proteína bruta e energia bruta foram de 61,48; 88,28 e 88,25 para farinha de peixe, 73,82; 75,21 e 76,42 para farinha de penas hidrolisadas, 76,48; 81,55 e 85,13 para farinha de vísceras de frango, 27,49; 68,96 e 75,74 para farinha de larva de *Tenebrio molitor* e 52,35; 59,48 e 67,64 para farinha de

Gromphadorhina portentosa, respectivamente. Apresentando valores de proteína (%) e energia (kcal/kg) digestíveis de 55,20 e 3.711 para farinha de peixe; 47,27 e 4.285 para a farinha de vísceras de frango; 34,56 e 4.983 para farinha de *Tenebrio molitor*; 47,72 e 3.616 para farinha de *Gromphadorhina portentosa* e 65,03 e 4.145 para farinha de penas hidrolisadas.

REFERÊNCIAS

ALLAN, G.L. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v. 186, n. 3-4, p. 293-310, 2000.

ALMEIDA NETO, M.E. Relação entre padrão comportamental, estágios do ciclo de muda e atividade de enzimas digestivas proteolíticas em juvenis do camarão marinho *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae). 2011.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International. **17th ed.**, **AOAC International**, Arlington, 2000.

APHA. American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed. Washington, 2005.

ARANA, L, V. Qualidade da água em aquicultura princípios e práticas. 238p, 2010.

BELFORTI, M. et al. *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. **Journal of Animal Science**, v. 14, p. 670-676, Italian, 2015.

BERGAMIN, G.T. et al. Apparent digestibility of plant meal subjected to antinutrient removal in diets for South American catfish. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 8, p. 928-934, 2013.

BOOTH, M.A. et al. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. **Aquaculture**, v.196, p.67-85, 2001.

BOSCOLO, W.R. et al. Farinha de resíduos da filetagem de tilápias na alimentação de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 1807-1812, 2005.

BUGLIONE-NETO, C. et al. Métodos para determinação da digestibilidade aparente de dietas para camarão marinho suplementadas com probiótico. **Revista de Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 8, p. 1021-1027, Brasília, 2013.

BUREAU, D.P; HARRIS, A.M; CHO, C.Y. Apparent digestibility of rendered animal protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v. 180, n. 3-4, p. 345-358, 1999.

CAO, J. et al. Transcriptome profiling of the *Macrobrachium rosenbergii* lymphoid organ under the white spot syndrome virus challenge. **Fish & shellfish immunology**, v. 67, p. 27-39, 2017.

CARDOSO, M.S. et al. Farinhas de resíduos do processamento da tilápia do Nilo: composição centesimal e digestibilidade aparente da energia e nutrientes. 2017.

CHAALALA, S; LEPLAT, A; MAKKAR, H. Importance of insects for use as animal feed in low-income countries. In: **Edible Insects in Sustainable Food Systems**. Springer, Cham, p. 303-319, 2018.

CHAND, B.K. et al. Efeito da salinidade na sobrevivência e crescimento do camarão gigante de água doce *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Relatórios de Aquicultura**, 2,26-33. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2015.05.0022>, 26-33, 2015.

CHENG, Z.J; HARDY, R.W; HUIGE, N.J. Apparent digestibility coefficients of nutrients in brewer's and rendered animal by-products for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 1, p. 1-9, 2004.

DA ROCHA, T.C; SILVA, B.A.N. Utilização da farinha de pena na alimentação de animais monogástricos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 1, p. 35-43, 2004.

D'ABRAMO, L.R.; CONKLIN, D.E; AKIYAMA, D.M (Ed.). Crustacean nutrition. **World Aquaculture Society**, 1997.

DAUDA, A.B. et al. Assessment of fish farming practices, operations, water resource management and profitability in Katsina state, Nigeria. **Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)**, v. 24, n. 4, p. 89-96, 2017.

DAUDA, A.B. et al. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. **Aquaculture and Fisheries**, 2018.

DAVIES, I.P. et al. Governança da aquicultura marinha: armadilhas, potencial e caminhos para frente. *Marine Policy*, 104, 29-36, 2019.

DU, J. et al. Flow cytometry studies on the *Macrobrachium rosenbergii* hemocytes sub-populations and immune responses to novel pathogen spiroplasma MR-1008. **Fish & shellfish immunology**, v. 33, n. 4, p. 795-800, 2012.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO; 2018. URL Available in: <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/en/> (2018).

FAO - O estado da pesca mundial e da aquicultura. Contribuindo para a Segurança Alimentar e Nutrição para Todos, Roma (2013).

FAO - The State of World Fisheries and Aquaculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma (2014).

FELTES, M. et al. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.14, n.6, 2010.

FINES, B.C.; HOLT, G.J. Chitinase and apparent digestibility of chitin in the digestive tract of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 303, n. 1-4, p. 34-39, 2010.

FINKE, M.D. Estimate of Chitin in Raw Whole Insects. *Zoo Biology*, v. 26, p. 105-115, 2007.

FONTES, T.V. et al. Digestibility of insect meals for Nile tilapia fingerlings. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 181, 2019.

FRECCIA, A. et al. Farinha de inseto em dietas de alevinos de tilápia. **Archivos de zootecnia**, v. 65, n. 252, p. 541-547, 2016.

FREUCHTNIKT, G.W., Bark, L.E., Malecha, S.R. & Stanley, R.W. The effect of protein level in the feed on growth performance of fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii* individually recorded in clear water flow through aquaria. **Presented at the 19th annual meeting of the world aquaculture society**, Honolulu, Hawaii. 1988.

FUJIMURA, T; OKAMOTO, H.T. Notes on progress made in developing a mass culturing technique for *Macrobrachium rosenbergii* Hawaii. In: Pillay TVR (ed) Coastal Aquaculture in the Indo-Pacific Region, pp. 313–327. **Fishing News Books, Blackwell Science**, Oxford, 1972.

FURUYA, W. M. et al. Composição química e coeficientes de digestibilidade aparente dos subprodutos desidratados das polpas de tomate e goiaba para tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 505-510, 2018.

GAO, X. et al. Enterobacter cloacae associated with mass mortality in zoea of giant freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* and control with specific chicken egg yolk immunoglobulins (IgY). **Aquaculture**, v. 501, p. 331-337, 2019.

GAYLORD, T.G; BARROWS, F.T.; RAWLES, S.D. Apparent digestibility of gross nutrients from feedstuffs in extruded feeds for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 39, n. 6, p. 827-834, 2008.

GHALY, A.E; ALKOAİK, F.N. The Yellow Mealworm as a Novel Source of Protein. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 4, p. 319-331, 2009.

GLENCROSS, B.D; BOOTH, M; ALLAN, G.L. Um alimento é tão bom quanto seus ingredientes - uma revisão das estratégias de avaliação de ingredientes para alimentos para a aquicultura. **Nutrição aquícola**, v. 13, n. 1, p. 17-34, 2007.

GODA, A.MA-S. Effect of dietary protein and lipid levels and protein–energy ratio on growth indices, feed utilization and body composition of freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de Man 1879) post larvae. **Aquaculture Research**, v. 39, n. 8, p. 891-901, 2008.

GONZÁLEZ-PEÑA, M, DEL.C. et al. Effect of dietary cellulose on digestion in the prawn *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, v. 211, n. 1, p. 291-303, 2002.

GOPALAKANNAN, A.; ARUL, V. 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**, v. 255, n. 1-4, p. 179-187, 2006.

GRAEFF, Á; MONDARDO, M. Substituição da farinha de peixes pela farinha de penas hidrolizada na alimentação da carpa comum (*Cyprinus carpio L*) na fase de recria. **Ceres**, v. 53, n. 305, p. 7-13, 2006.

HAGEN, S.R; FROST, B; AUGUSTIN, J. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. **Journal-Association of Official Analytical Chemists**, v. 72, n. 6, p. 912-916, 1989.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 770-776, 2010.

HENRY, M. et al. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. **Anim Feed Sci Technol**, 2015.

JAYANTHI, M. et al. Impact of shrimp aquaculture development on important ecosystems in India. **Global environmental change**, v. 52, p. 10-21, 2018.

JIANG, Q. et al. Transcriptome analysis of eyestalk reveals ovarian maturation related genes in *Macrobrachium rosenbergii*. **Aquaculture**, 505, 280-288, 2019

KAUSHIK, S.J; SEILIEZ, I. Nutrição e metabolismo de proteínas e aminoácidos em peixes: conhecimento atual e necessidades futuras. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 322-332, 2010.

KIM, K; et al. Tuna byproducts as a fish-meal in tilapia aquaculture. **Ecotoxicology and environmental safety**, 172, 364-372, 2019.

KIMURA, Fumiko T.; MILLER, V. L. Chromic oxide measurement, improved determination of chromic oxide in cow feed and feces. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 5, n. 3, p. 216-216, 1957.

LIMPADANAI D; TANSAKUL R. Culture of giantfresh-water prawn (*Macrobrachium-rosenbergii*)inasmall reservoir. **Aquaculture** 20, 257–260. 1980.

LING, S.W. Methods of rearing and culturing *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, 1968.

LIU, H. et al. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii Brandt*), compared by two chromic oxide analyses methods. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, n. 6, p. 650-656, 2009.

MAKKAR, H.P.S. et al. State-of-the-art on use of insects as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 1–33, 2014.

MARTÍNEZ-PALACIOS, C.A. et al. A modified chamber designed for estimation of digestibility in shrimp. **North American Journal of Aquaculture**, v.63, p.252-255, 2001.

MITRA, G; MUKHOPADHYAY, P.K; CHATTOPADHYAY, D.N. Nutrition and feeding in freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) farming. **Aquafeed Formulation and Beyond**, 2: 17-19. 2005.

MOURA, C.C. Farinha de Penas e Sangue em Rações para Suínos em Crescimento e Terminação. Viçosa-MG: UFV,1993. 45p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 1993.

MUKHOPADHYAY, N; RAY, A.K. The apparent total and nutrient digestibility of sal seed *Shorea robusta* meal in rohu, *Labeo rohita* (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, West Bengal, n. 28, p.683-689, 1997.

MUNGUTI, J. et al. Nutritive value and availability of commonly used feed ingredients for farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and African catfish (*Clarias gariepinus*, *Burchell*) in Kenya, Rwanda and Tanzania. **African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development**, v. 12, n. 3, p. 6135-6155, 2012.

NEW, M.B; VALENT, W.C. Freshwater prawn culture: the farming of *Macrobrachium rosenbergii*. **Oxford, England, Blackwell Science** 2000.

NEW, Michael B. Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). **Food & Agriculture Org.**, 2002.

NG, W.K. et al. Potencial da larva de farinha (*Tenebrio molitor*) como fonte protéica alternativa em dietas práticas para bagre africano, *Clarias gariepinus*. **Aquaculture Research**, v. 32, p. 273-280, 2001.

FRACALOSSO, D.M; CYRINO, J.E. P. **Nutriaqua**: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, 2012.

OUIJIFARD, A. et al. Growth and apparent digestibility of nutrients, fatty acids and amino acids in Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed diets with rice protein concentrate as total and partial replacement of fish meal. **Aquaculture**, v. 342, p. 56-61, 2012.

PÉREZ-RAMÍREZ, M; LLUCH-COTA, S. Fisheries certification in latin America: recent issues and perspectives. **Interciência**, v. 35, 855-861, 2010.

PEZZATO, L.E; MIRANDA, E.C; BARROS, M. M. Digestibilidade aparente de ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

PICCOLO, G. et al. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Animal feed science and technology**, v. 226, p. 12-20, 2017.

RICHARD, L. et al. Availability of essential amino acids, nutrient utilisation and growth in juvenile black tiger shrimp, *Penaeus monodon*, following fishmeal replacement by plant protein. **Aquaculture**, v. 322, p. 109-116, 2011.

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

SÁNCHEZ-MUROS, M.J. et al. Nutritional evaluation of *Tenébrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. **Aquaculture Nutrition**, v. 22, p. 943-955, 2016.

SANTOS, E.L. et al. Digestibilidade de ingredientes alternativos para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): revisão. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 3, n. 2, p. 135-149, 2009.

SANTOS, I.T.F. Avaliação da atividade de enzimas digestivas em hepatopâncreas de juvenis de camarão de água doce (*Macrobrachium rosenbergii*). 2017.

SCOPEL, B.R. et al. Substituição da farinha de peixe em dietas para camarões marinhos cultivados em sistema bioflocos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p. 928-934, 2011.

SIGNOR, A.A. et al. Farinha de vísceras de aves na alimentação de alevinos de lambari. **Ciência Rural**, p. 2339-2344, 2008.

SILVA, J.R; NETTO, D.P; SCUSSEL, V.M. Grãos secos de destilaria com solúveis, aplicação em alimentos e segurança—uma revisão. **Pubvet**, v. 10, p. 190-270, 2015.

SILVA, T.S.C. et al. Digestibility of feed ingredients for the striped surubim *Pseudoplatystoma reticulatum*. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2013.

SINHORINI, M.R. Processo de produção de farinha de penas hidrolisadas: estudos de otimização do teor proteico e do valor de digestibilidade da proteína. 2013. Dissertação de Mestrado. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**.

SMITH, D.M; TABRETT, S.J. Accurate measurement of in vivo digestibility of shrimp feeds. **Aquaculture**, v.232, p.563-580, 2004.

SMITH, M.D. et al. Sustainability and global seafood. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 784-786, 2010.

STEVENS, J.R. et al. The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through strategic utilisation. **Marine Policy**, v. 90, p. 115-124, 2018.

TACON, A.G.J; METIAN, M. Visão global sobre o uso de farinha de peixe e óleo de peixe em alimentos aquícolas industrialmente compostos: Tendências e perspectivas futuras. **Aquicultura**, v. 285, n. 1-4, p. 146-158, 2008.

TESSER, M.B. et al. Substituição da farinha e do óleo de peixe por farinha e óleo de origem vegetal em rações utilizadas na fase de engorda do camarão-branco-do-pacífico *Litopenaeus vannamei*, em sistemas de bioflocos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 2, p. 703-710, 2019.

TIWARI, J.B; SAHU, N.P. Possible use of soyalecithin as a source of lipid in the post larval diet of *Macrobrachium rosenbergii*. **Journal of Aquaculture in the Tropics**, 14: 37-46. 1999.

VALENTI, W.C; MALLASEN, M; BARROS, H.P; Sistema de recirculação e rotina de manejo para larvicultura de camarões de água doce *Macrobrachium rosenbergii* em pequena escala - **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 35, n. 1, p.141-151, 2009.

VAN HUIS, A. Potential of insects as food and feed in assuring food security. **Annual review of entomology**, v. 58, p. 563-583, 2013.

VELDKAMP, T. et al. Insects as a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets: a Feasibility Study Insecten als duurzame diervoedergrondstof in varkens-en pluimveevoerders: een haalbaarheidsstudie. **Wageningen UR Livestock Research**, 2012.

WHITE, J.A; HART, R.J; FRY, J.C. An evaluation of the Waters Pico-Tag system for the amino-acid analysis of food materials. **Journal of Analytical Methods in Chemistry**, v. 8, n. 4, p. 170-177, 1986.

YUE, YI-RONG. et al. Effects of replacing fish meal with soybean meal and peanut meal on growth, feed utilization and haemolymph indexes for juvenile white shrimp *Litopenaeus vannamei*, Boone. **Aquaculture research**, v. 43, n. 11, p. 1687-1696, 2012.

ZHANG, Y. et al. Microcistina-LR perturba o desenvolvimento testicular de camarão gigante de água doce *Macrobrachium rosenbergii*. *Chemosphere* , 222 , 584-592, 2019.

ZHU, X. et al. Response of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, to three sources of solvent extracted soybean meal. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 44, n. 3, 2013.