

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Matielle Linhares Pittaluga Ebling

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE FARINHA DE *TENEBRIO MOLITOR* E
CONCENTRADO PROTEICO DE SEMENTES DE PORONGO PARA
JUNDIÁS (*RHAMDIA QUELEN*)

Santa Maria, RS
2022

Matielle Linhares Pittaluga Ebling

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE FARINHA DE *TENEBRIO MOLITOR* E
CONCENTRADO PROTEICO DE SEMENTES DE PORONGO PARA JUNDIÁS
(*RHAMDIA QUELEN*)

Dissertação apresentada ao curso de Pós Graduação
em Zootecnia, da Universidade Federal de Santa
Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre em Zootecnia:
Produção Animal

Orientador: Prof^a. Dr^a. Naglezi de Menezes Lovatto

Santa Maria, RS
2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Ebling, Matielle
DIGESTIBILIDADE APARENTE DE FARINHA DE TENEBRIO
MOLITOR E CONCENTRADO PROTEICO DE SEMENTES DE PORONGO
PARA JUNDIÁS (RHAMDIA QUELEN) / Matielle Ebling.- 2022.
86 p.; 30 cm

Orientadora: Naglezi de Menezes Lovatto
Coorientadora: Leila Picolli da Silva
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, RS, 2022

1. Digestibilidade 2. Jundiá 3. Lagenaria siceraria
4. Porongo 5. Tenébrio I. de Menezes Lovatto, Naglezi
II. Picolli da Silva, Leila III. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, MATIELLE EBLING, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Matielle Linhares Pittaluga Ebling

**DIGESTIBILIDADE APARENTE DE FARINHA DE *TENEBRIO MOLITOR* E
CONCENTRADO PROTEICO DE SEMENTES DE PORONGO PARA JUNDIÁS
(*RHAMDIA QUELEN*)**

Dissertação apresentada ao curso de Pós
Graduação em Zootecnia, da Universidade
Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como
requisito parcial para obtenção do título de
Mestre em Zootecnia: Produção Animal

Aprovada em 27 de julho de 2022.

Documento assinado digitalmente



NAGLEZI DE MENEZES LOVATTO

Data: 23/09/2022 09:20:16-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

**Naglezi de Menezes Lovatto, Dr^a. (UFSM) - Videoconferência
(Presidente/Orientadora)**

Documento assinado digitalmente



RAFAEL LAZZARI

Data: 01/09/2022 12:57:45-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Rafael Lazzari, Dr. (UFSM) - Videoconferência

Documento assinado digitalmente



FERNANDA RODRIGUES GOULART FERRIGO

Data: 26/08/2022 15:31:13-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Fernanda Rodrigues Goulart Ferrigolo, PhD (UNIPAMPA) - Videoconferência

Santa Maria, RS
2022

RESUMO

DIGESTIBILIDADE APARENTE DE FARINHA DE *TENEBRIO MOLITOR* E CONCENTRADO PROTEICO DE SEMENTES DE PORONGO PARA JUNDIÁS (*RHAMDIA QUELEN*)

AUTORA: Matielle Linhares Pittaluga Ebling
ORIENTADORA: Naglezi de Menezes Lovatto

Este estudo teve como objetivo empregar na nutrição de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*) duas fontes proteicas não convencionais, as larvas de *Tenebrio molitor* e o concentrado proteico das sementes do porongo (*Lagenaria siceraria*), onde determinou-se os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) destes ingredientes, bem como o desempenho e índices digestivos dos peixes. Para o estudo com as larvas de tenébrio foi desenvolvido método de secagem e retirada da gordura das larvas obtendo assim, um ingrediente (farinha) com maior teor proteico. Para obtenção do concentrado proteico das sementes do porongo, foi empregada metodologia para extração e concentração proteica. Posteriormente, foram confeccionadas dietas experimentais de acordo com a exigência da espécie avaliada e fase de desenvolvimento, realizando-se um ensaio biológico. Foram distribuídos aleatoriamente, trinta e dois jundiás com peso médio inicial de $15,37 \pm 2,68$ g em seis incubadoras cônico-cilíndricas (200L) e o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três repetições. As dietas foram compostas por 30% do ingrediente teste e 69,98% da dieta referência. Como marcador inerte utilizou-se óxido de cromo III na concentração de 0,2%. No estudo com a farinha de larvas de tenébrio desengorduradas (FTD) foram observados CDAs altos (>70%), porém quando comparada a dieta referência, a excreção de proteína e gordura nas fezes foi maior com a dieta teste. Na avaliação de desempenho foram observadas diferenças significativas somente nos parâmetros de crescimento (CMD e GMD). No estudo com CPP observou-se diferenças estatísticas na composição centesimal das rações (PB, EE e MM) e nas fezes (PB e EE). Houve diferença estatística nos parâmetros de crescimento (CMD, GMD e CA) e para o índice hepatossomático (IHS). Nos CDAs verificou-se valores satisfatórios para EE e PB, e valores aceitáveis conforme verificado na literatura. Conclui-se que ambas as dietas testes podem ser consideradas boas opções como fontes de proteína, pois apresentaram boa digestibilidade dos ingredientes e não prejudicaram o desempenho dos jundiás. Vale ressaltar, que mais estudos devem ser realizados para aprimorar as formas e os níveis de inclusão adequados destes ingredientes para cada espécie a ser trabalhada, promovendo um melhor aproveitamento da proteína e menor impacto no ambiente de cultivo.

Palavras-chave: Digestibilidade. Jundiá. *Lagenaria siceraria*. Porongo. Tenébrio.

ABSTRACT

APPARENT DIGESTIBILITY OF *TENEBRIO MOLITOR* FLOUR AND PORONGO SEEDS PROTEIN CONCENTRATE FOR SILVER CATFISH (*RHAMDIA QUELEN*)

AUTHOR: Matielle Linhares Pittaluga Ebling

ADVISOR: Naglezi de Menezes Lovatto

This study aimed at using two unconventional protein sources in the nutrition of silver catfish (*Rhamdia quelen*), defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and the protein concentrate of porongo seeds (*Lagenaria siceraria*), determining the apparent digestibility coefficients (ADCs) of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), organic matter (OM) and mineral matter (MM) of these ingredients, as well as the performance and digestive indicators of the fish. For the study with yellow mealworm, a method of drying and removing the fat from the larvae was first developed, thus obtaining an ingredient (flour) with higher protein content. To obtain the protein concentrate of porongo seeds, a methodology for protein extraction and concentration was used. Subsequently, experimental diets were prepared according to the requirements of the evaluated species and developmental stage, carrying out a biological assay. Thirty-two silver catfish with an average initial weight of 15.37 ± 2.68 g were randomly distributed in six conical-cylindrical incubators (200L) and the experimental design used was completely randomized, with two treatments and three replications. The tested ingredients were included in the proportion of 30% of the test ingredient and 69.98% of the reference diet. Chromium III oxide at a concentration of 0.2% was used as a marker. In the study with defatted yellow mealworm (DYM) high CDAs (>70%) were observed, but when compared to the reference diet, protein and fat excretion in feces was higher with the test diet. In the performance evaluation, significant differences were observed only in the growth parameters (DCM and GMD). In the study with porongo protein concentrate (PPC), statistical differences were observed in the proximate composition of the diets (CP, EE and MM) and feces (EE and CP). There was a statistical difference for the growth parameters (DCM, GMD and CA) and hepatosomatic indicator. In the determination of ADCs, satisfactory values was observed for CP and EE, and acceptable values as verified in the literature. We concluded that both test diets can be considered good options as sources of protein, as they presented good digestibility of the ingredients and did not affect the performance of the silver catfish. It is worth mentioning that further studies should be carried out to improve the appropriate forms and levels of inclusion of these ingredients for each species to be worked, promoting better use of the protein and less impact on the cultivation environment.

Keywords: Digestibility. *Lagenaria siceraria*. Silver catfish. Porongo. *Tenebrio*.

LISTA DE TABELAS

Artigo I - Farinha de larvas de *Tenebrio Molitor* na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*): coeficiente de digestibilidade aparente e desempenho.

TABELA 1 - Análise bromatológica das larvas de <i>Tenebrio molitor</i> submetidas a diferentes métodos de processamento e tempos de secagem.....	38
TABELA 2 - Composição centesimal, rendimento, solubilidade proteica e digestibilidade <i>in vitro</i> das larvas de tenébrio.....	39
TABELA 3 - Composição da dieta referência com óxido de cromo III (g/100 g base seca)...	40
TABELA 4 - Composição química (%) das dietas e das fezes de jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>) submetidos às dietas.....	41
TABELA 5 - Desempenho dos jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>) alimentados com as dietas.....	42
TABELA 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs %) do ingrediente teste.....	43

Artigo II - Concentrado Proteico de Sementes do Porongo: coeficiente de digestibilidade aparente e desempenho em jundiás.

TABELA 1 - Composição da dieta referência com marcador inerte (g/100 g base seca).....	55
TABELA 2 - Composição centesimal, teores de fibra, rendimento, solubilidade proteica e digestibilidade <i>in vitro</i> da semente do porongo desengordurada e do concentrado proteico da semente do porongo.....	59
TABELA 3 - Composição química das dietas e das fezes de jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>) submetidos às dietas (%).....	60
TABELA 4 - Rendimento de carcaça, parâmetros de crescimento e índices digestivos dos jundiás (<i>Rhamdia quelen</i>) alimentados com as dietas avaliadas.....	62
TABELA 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) dos ingredientes	64

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	08
1.1	OBJETIVOS.....	09
1.1.1	Objetivo geral.....	09
1.1.2	Objetivos específicos.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE DE PEIXE ESTUDADA: JUNDIÁ (<i>RHAMDIA QUELEN</i>).....	10
2.2	DIGESTIBILIDADE.....	11
2.2.1	Coefficientes de digestibilidade de ingredientes para o jundiá.....	11
2.2.2	Digestibilidade da proteína.....	14
3	FONTES PROTEICAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES	15
3.1	LARVAS DE TENÉBRIO (<i>TENEBRIO MOLITOR</i>) COMO FONTE PROTEICA..	16
3.2	SEMENTE DE PORONGO (<i>LAGENARIA SICERARIA</i>) COMO FONTE PROTEICA.....	18
	REFERÊNCIAS	20
4	ARTIGO I	21
	Resumo.....	22
	Introdução.....	25
	Material e métodos.....	26
	Resultados e Discussão.....	33
	Conclusão.....	38
	Referências.....	44
5	ARTIGO II	49
	Resumo.....	51
	Introdução.....	52
	Material e métodos.....	53
	Resultados e Discussão.....	58
	Conclusão.....	64
	Referências.....	65
6	CONCLUSÃO GERAL	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO A – NORMAS DA REVISTA CIÊNCIA RURAL.....	82
	ANEXO B – NORMAS DA REVISTA BRASILEIRA SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL.....	84

1 INTRODUÇÃO

Em função do crescente aumento populacional, a demanda pelo consumo de proteína animal no mundo também está cada vez maior, sendo um desafio para os países produtores de alimentos. O interesse por alimentos produzidos de forma sustentável são pautas cada vez mais discutidas e exigidas atualmente (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO, 2018). A aquicultura é responsável por um dos bens alimentares mais comercializados para suprir essa necessidade e que possui uma excelente qualidade nutricional, o pescado. A piscicultura brasileira ocupa a 13^a posição no ranking dos maiores produtores de carne de peixe no mundo (FAO, 2020). Junto ao crescimento da aquicultura, a expansão da piscicultura deve ser acompanhada também pela elevação na produção de rações, geralmente formuladas com percentuais significativos de fontes proteicas, para atender à exigência nutricional das distintas espécies. Atualmente, em determinadas épocas há escassez na disponibilidade de fontes proteicas o que acarreta a indesejável elevação dos preços (BOYD *et al.*, 2020).

Dessa maneira, estudos contínuos vêm sendo realizados com o intuito de encontrar fontes proteicas que atendam a demanda de mercados regionais ou mundiais, que possam, além disso, proporcionar menor custo e reduzir impactos ambientais, quando comparados à fontes proteicas tradicionais (HONG *et al.*, 2020).

Nos últimos anos a inclusão de farinha de insetos nas rações animais tem se destacado. Dentre elas estão as larvas de *Tenebrio molitor* (larvas da farinha), as quais apresentam 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 (KROECKEL *et al.*, 2012). Com a produção em larga escala e a inclusão destes insetos na ração é possível minimizar os custos da produção na criação de peixes, sendo uma alternativa sustentável para o setor produtivo (TUBIN, 2017).

No Brasil existe uma ampla variedade de subprodutos e resíduos agroindustriais, como é o caso da semente de cabaça (*Lagenaria siceraria*), ou porongo como é mais conhecido na região Sul do Brasil. O porongo é uma cucurbitácea cujas sementes podem ser utilizadas como fonte de alimentos, particularmente em função do perfil proteico e de ácidos graxos (HASSAN, 2008). Suas composições nutricionais foram analisadas por Ojiako & Igwe (2007), que encontraram nas sementes descascadas cerca de 45% de carboidratos, 38% de gordura e 16,18% de proteína. Observaram ainda, teores de sódio (11,5 ppm), potássio (19,5 pmm) e cálcio (12,0 ppm) e detectaram baixa presença de alcalóides, esteróides e saponinas, e

ausência de taninos e flavonóides nas sementes de *Lagenaria siceraria*. No entanto, neste mesmo estudo foram detectados pequenos traços de chumbo, chegando à conclusão de que seriam necessárias mais pesquisas sobre a possível toxicidade do chumbo após o consumo prolongado das sementes. Em outro estudo realizado por Santos *et al.* (2014), as sementes de porongo apresentaram em sua composição 33% de carboidratos, 25% de proteína e 37% de lipídeos, com predomínio dos ácidos linoleico (67%), palmítico (15,7%), oleico (9%) e esteárico (5,9%).

Contudo, as fontes de origem vegetal podem apresentar entraves em sua utilização na dieta de peixes, pois podem apresentar baixo aproveitamento pelos animais em virtude de alguns fatores antinutricionais. Por isso, com o objetivo de viabilizar a utilização de novas fontes proteicas vegetais, são necessárias estratégias de concentração e modificação química a fim de minimizar os fatores indesejáveis e melhorar o perfil biológico e a digestibilidade desses ingredientes, visando seu uso como novo ingrediente em rações para animais (MARIOD *et al.*, 2010).

A alimentação constitui importante fator a ser considerado na piscicultura intensiva, segundo Koch *et al.* (2014), assim como em outros sistemas de confinamento, o custo com rações balanceadas responde por parcela significativa dos custos totais de produção. Também é necessário considerar que o desempenho zootécnico dos peixes é totalmente dependente de sua nutrição, e as proteínas possuem uma incontestável importância nesse cenário participando de diversos processos metabólicos e promovendo o adequado desenvolvimento dos peixes. Porém, Ferreira *et al.* (2013) afirmam que este é o nutriente mais oneroso das dietas, podendo representar 70% do custo da produção. Assim, para garantir o sucesso da expansão da piscicultura, no campo da nutrição, são necessárias alternativas viáveis que atendam tanto as exigências nutricionais dos peixes quanto à crescente demanda do mercado consumidor (OECD/FAO, 2019).

Pode-se, com isto, ratificar que se fazem necessários os estudos contínuos de digestibilidade dos ingredientes proteicos utilizados nas dietas de peixes, pois estes não são apenas fontes de proteína (aminoácidos), mas também de energia, lipídios, vitaminas e minerais, logo, é importante que suas qualidades sejam avaliadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a digestibilidade aparente de farinha desengordurada de larvas de *Tenebrio molitor* (FDT) e de Concentrado proteico de Porongo - *Lagenaria siceraria* (CPP) incorporadas nas rações de jundiás (*Rhamdia quelen*).

1.1.2 Objetivos específicos

Desenvolver em laboratório métodos de secagem e retirada parcial da gordura das larvas de tenébrio (*Tenebrio molitor*), obtendo um ingrediente com maior teor proteico;

Desenvolver em laboratório método de extração e concentração proteica da semente de porongo (*Lagenaria siceraria*);

Empregar as fontes proteicas na nutrição de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*), avaliando a digestibilidade aparente dos ingredientes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE DE PEIXE ESTUDADA: JUNDIÁ (*RHAMDIA QUELEN*)

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é um peixe da ordem siluriformes, família *Heptapteridae*, natural da região neotropical. O habitat natural da espécie são lagos e poços profundos dos rios com preferência por águas mais calmas. Tem hábito noturno e durante o dia procura abrigo.

Na piscicultura, a espécie possui potencial de mercado em função da ausência de espinhas intramusculares no filé, o que acarreta uma boa aceitação pelos consumidores (SIGNOR *et al.*, 2013). Quando em condições favoráveis, a espécie apresenta manejo facilitado, boa reprodução, eficiência alimentar e ganho de peso (RODRIGUES *et al.*, 2012).

As primeiras alimentações em ambiente natural são compostas principalmente de zooplâncton, já na fase adulta são onívoros com tendência a carnívoria (Baldisserotto & Radunz neto, 2004), alimentando-se preferencialmente de outros peixes, crustáceos, insetos, de restos de plantas e de detritos orgânicos (BROGGI *et al.*, 2017).

Apresenta elevada exigência proteica (35% na fase de alevino e 30% na fase de juvenil) (Boscolo, 2011), quando comparada à exigência proteica de aves, suínos e ruminantes (18%, 16% e 11%, respectivamente) (TAKAHASHI, 2005). As exigências dos aminoácidos essenciais, em estimativa, são em termos percentuais da dieta: 4,6% arginina, 1,8% histidina, 4,6% isoleucina, 7,7% leucina, 4,5% lisina, 3,7% metionina, 5,4% fenilalanina, 4,3% treonina, 0,8% triptofano e 4,6% para valina, utilizando-se de regressão segmentada, através do conceito de proteína ideal (MONTES-GIRÃO & FRACALLOSSI, 2006).

Ainda, é uma espécie com características gastrointestinais específicas como o intestino curto, sendo semelhante ao de peixes carnívoros (RODRIGUES *et al.*, 2012). Apesar disto, devido ao hábito onívoro tem a capacidade de se nutrir, conforme a disponibilidade, de uma grande variedade de alimentos (Lazzari *et al.*, 2006), apresentando potencial para o aproveitamento de dietas elaboradas com distintas fontes proteicas, animais e/ou vegetais.

Por esse ponto de vista, sua tendência à hábitos alimentares carnívoros leva a algumas preocupações em relação aos produtos oriundos das plantas, como por exemplo a habilidade de digestão dos ingredientes, embora arroz, soja, linhaça, sorgo, milho e aveia podem ser utilizados como ingredientes de rações para esta espécie, uma vez que já foram estudados e apresentaram bons coeficientes de digestibilidade (FREITAS, 2015).

2.2 DIGESTIBILIDADE

2.2.1 Coeficientes de digestibilidade de ingredientes para o jundiá

A avaliação da digestibilidade dos ingredientes torna possível a descoberta sobre a disponibilidade dos nutrientes utilizados na alimentação de peixes (FRACALLOSSI *et al.*, 2013). Dentre os fatores que podem influenciar a digestibilidade de um ingrediente ou de uma dieta, estão as características dos ingredientes, como a origem e o tipo de processamento à que foi submetido. Quanto a espécie em estudo, a digestibilidade pode apresentar valores distintos em função do hábito alimentar, anatomia do sistema digestivo e metabolismo da espécie (CYRINO *et al.*, 2010). O coeficiente de digestibilidade pode ser calculado por dois métodos, o direto e o indireto, sendo o segundo mais comumente utilizado nos ensaios. Nele, a coleta de excretas é parcial, utilizando-se indicadores como substância referência (NRC, 1993).

Fazem parte da digestibilidade dois importantes processos: a digestão, onde ocorre a hidrólise das moléculas complexas dos alimentos, e a absorção de pequenas moléculas como aminoácidos e ácidos graxos, ocorrendo no intestino dos peixes (SANTOS, 2007). Com isso,

a escolha por ingredientes com boa digestibilidade torna possível obter maior eficiência na elaboração de rações, com melhores respostas de conversão alimentar, maximizando os lucros e, principalmente, minimizar o impacto ambiental que alguns desses alimentos podem proporcionar na atividade piscícola, uma vez que permitirá a redução nas quantidades de nutrientes excretados (VIDAL JUNIOR *et al.*, 2004; OLIVEIRA FILHO & FRACALOSSI, 2006; LIRA, 2015).

Em estudo realizado por Freitas (2015) para avaliar a digestibilidade aparente em diferentes ingredientes tanto de origem animal quanto vegetal para jundiás, foi possível observar um maior aproveitamento dos ingredientes de origem vegetal, como concentrado proteico de farelo de soja (CPS), além de resultados satisfatórios para farinha de vísceras de aves (FVA) e farinha de resíduo de processamento de salmão (FRS).

Oliveira & Fracalossi (2006), determinaram os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca (MS), proteína e energia de cinco ingredientes (farelo de soja, glúten de milho, farinha de resíduo de peixe, quirera de arroz e milho) para juvenis de jundiá, encontrando os maiores CDAs no glúten de milho (95,0% para proteína, 88,0% para energia e 82,2% para MS) e os menores para o milho (73,0% para proteína, 59,1% para energia e 57,2% para MS). Os demais ingredientes apresentaram valores intermediários de digestibilidade. Com isso, o estudo demonstrou que juvenis de jundiá, apesar do hábito alimentar onívoro, têm grande capacidade de digerir ingredientes proteicos e relativa dificuldade de digerir ingredientes energéticos, sugerindo que este peixe é onívoro com tendência à carnivoría.

Frei (2015) avaliou a digestibilidade aparente da farinha de peixes marinhos, farinha de resíduos de tilápia, farinha de vísceras de aves, farinha de penas, farinha de sangue, farinha de carne e ossos e farinha de salmão para jundiás e concluiu que os ingredientes que apresentaram melhores CDAs foram a farinha de vísceras e a de salmão. Esses resultados demonstram que o jundiá aceita muito bem os ingredientes proteicos de origem animal e tem boa capacidade de aproveitar seus nutrientes. Já no que tange os ingredientes e subprodutos de origem vegetais, para minimizar os seus possíveis efeitos antinutricionais, podem ser aplicadas tecnologias acessíveis (químicas e/ou físicas) que reduzem esses fatores indesejáveis, concentrando a fração proteica e melhorando o valor nutricional do ingrediente.

Com esse intuito, Bergamin *et al.* (2013) avaliaram os CDAs de farelos vegetais (farelo de soja, farelo de canola e farelo de girassol), submetidos ou não a tratamento químico para extração de fatores antinutricionais. Observaram que a remoção dos fatores antinutricionais não afetou a digestibilidade aparente de proteína bruta, matéria seca e matéria

orgânica dos farelos de soja e girassol, porém, melhorou a digestibilidade da matéria seca do farelo de canola nos jundiás.

Estudos realizados em sistemas de cultivo intensivos demonstraram que a combinação de fontes de origem animal (farinha de peixe, farinha de carne e osso) e origem vegetal (farelo de soja, de canola e girassol) proporcionaram melhor desempenho em juvenis de jundiá, em relação à utilização de uma única fonte proteica (Lovatto *et al.*, 2016), demonstrando que a espécie não é totalmente dependente da farinha de peixe.

Contudo, estudos usando somente fontes proteicas vegetais em dietas para o jundiá ainda são pouco conclusivas, havendo necessidade de maior exploração do potencial dessas fontes diferenciadas na alimentação dessa espécie. Weiler (2016) testando farelo de girassol em níveis de 0, 10 e 20% em substituição à farinha de peixe, concluiu que 20% de farelo de girassol na dieta, não causaram alterações no desempenho produtivo, na hematologia e composição centesimal dos jundiás, já o nível de 10% de inclusão foi recomendado em conjunto com a fitase. Dalcin *et al.* (2018) substituindo a farinha de peixe por concentrado proteico de arroz (CPA) na dieta de jundiás em níveis de 25 e 50% observaram que os animais submetidos ao tratamento CPA-25% apresentaram resposta de crescimento equivalente aos que receberam o tratamento controle, mas superior aos peixes submetidos ao CPA-50%, indicando que o CPA pode substituir em até 25% a proteína da farinha de peixe, sem comprometer o crescimento dos jundiás, tendo esse nível de substituição proporcionado, inclusive, uma redução de 8% no custo da dieta. Em outro estudo, Loureiro (2019) usando concentrado proteico de farelo de arroz (CPFA) em quatro níveis de substituição proteica (10, 15, 20 e 30%), obteve resultados satisfatórios com a inclusão de 20 e 30% de CPFA na dieta, não alterando nenhum dos parâmetros analisados, o que demonstrou desempenho de crescimento numericamente superior ao controle e as demais dietas, com significativa qualidade nutricional do CPFA.

Nesse contexto, Lavach (2017), utilizando farelo de linhaça em quatro níveis (0, 25, 50, 75%), observou que houve efeito significativo ($P > 0,05$) sobre o desempenho zootécnico dos alevinos de jundiá quando alimentados com a substituição de 50% de linhaça, entretanto, os demais tratamentos não apresentaram efeito significativo, não diferindo entre si. Já Pianesso (2020), testou cinco níveis de concentrado proteico de linhaça (CPL) como fonte alternativa à farinha de peixe, e pode concluir que o CPL apresenta qualidade nutricional para substituir a proteína da farinha de peixe em até 40%, pois não alterou o crescimento, eficiência de utilização da proteína e gordura para deposição corporal assim como pode promover efeitos benéficos na renovação celular intestinal.

Ainda, Lovatto *et al.* (2018) avaliando o uso de duas fontes proteicas de origem vegetal, sendo estes o concentrado proteico de farelo de girassol (SMPC) e farelo de crambe (CrMPC), estes utilizados em dois níveis de substituição à proteína animal da dieta (25 e 50%), observou que o SMPC teve melhor aproveitamento pelos peixes e foi mais eficiente metabolicamente que o CrMPC, podendo efetivamente substituir nos dois níveis testados, a fonte proteica convencional utilizada.

Com esses exemplos pode-se inferir que grandes são os esforços para que se tornem viáveis as inclusões de ingredientes proteicos alternativos na dieta de jundiás, porém há a necessidade de que estes estudos sejam contínuos. Radunz-neto & Borba (2013) afirmam que em função do pequeno número de trabalhos avaliando os CDAs de ingredientes, esta área de avaliação se torna importante para que possa ser determinado a capacidade de aproveitamento dos ingredientes convencionais e não convencionais pelo jundiá.

2.2.2 Digestibilidade da proteína

A proteína, dentre as frações dos nutrientes é tida como a mais notável, pois está envolvida intensivamente na renovação dos tecidos, sistema imunológico, transporte de nutrientes e na deposição muscular, que na produção animal é o produto final desejado (PORTZ & FURUYA, 2012). Os peixes não possuem exigência em proteína, mas sim em aminoácidos essenciais. Quando digeridas, as proteínas são hidrolisadas em aminoácidos livres que serão disponibilizados pela corrente sanguínea para os órgãos e tecidos, que irão sintetizar novas proteínas destinadas à energia ou ao crescimento, reprodução e manutenção corporal (NRC, 2011), sendo responsável por constituir 65% a 75% do organismo dos peixes (HALVER & HARDY, 2003).

A eficiência da síntese proteica é definida pelo aminoácido mais limitante, exigindo não somente o atendimento da exigência mínima do mesmo, mas um equilíbrio entre os diferentes aminoácidos essenciais. Assim, a determinação da quantidade mínima e o fornecimento quali e quantitativo da proteína dietética são de suma importância para garantir o crescimento e saúdes adequados dos peixes em confinamento (FREI, 2015). O fornecimento inapropriado desse nutriente poderá resultar na interrupção ou diminuição do crescimento e na mobilização de aminoácidos de alguns tecidos para manutenção das funções vitais, resultando em imunodepressão e perda de peso (OLIVA-TELES, 2012).

Em contrapartida quando há um excesso de proteína dietética fornecida, a quantidade não utilizada no metabolismo proteico será catabolizada, convertida em energia e o resíduo

liberado na forma de excretas nitrogenadas para o ambiente (WILSON, 2003). Este último ponto exige atenção especial, pois poderá contribuir com a poluição de corpos d'água, exigindo seleção criteriosa tanto das fontes proteicas, bem como dos níveis empregados em dietas comerciais (DE SILVA & ANDERSON, 1995). O nível ótimo de proteína em dietas depende de inúmeros fatores como a espécie, o tamanho do peixe (Einen & Roem, 1997), a qualidade e a digestibilidade da proteína utilizada (Glencross *et al.*, 2007), além da disponibilidade de fontes de energia não proteicas (HEMRE *et al.*, 2002).

Quando comparados com outros animais monogástricos, os peixes exigem uma quantidade maior de proteína na sua alimentação. Isso se deve ao fato desses animais utilizarem de forma eficiente a proteína como fonte energética, tendo em vista que a excreção dos subprodutos do metabolismo dos aminoácidos é feita de forma passiva pelas brânquias, tendo gasto energético reduzido (PEZZATO *et al.*, 2004).

Dietas em desequilíbrio de aminoácidos ou com proteína de baixo valor biológico pode acarretar redução na eficiência alimentar, perda de peso e baixo desempenho dos animais, devido à mobilização proteica tecidual para manutenção de funções vitais (WILSON, 2003).

3 FONTES PROTEICAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

A alimentação constitui importante fator a ser considerado na piscicultura intensiva porque, segundo Koch *et al.* (2014), assim como em outros sistemas de confinamento, o custo com rações balanceadas responde por parcela significativa dos custos totais de produção. Também é necessário considerar que o desempenho zootécnico dos peixes é totalmente dependente de sua nutrição.

Experimentos descritos na literatura relatam que os alimentos para peixes que contêm componentes de origem animal (ex.: farinha de peixe, farinha de carne e osso, vísceras de aves, etc.) tendem a promover um melhor crescimento comparado aqueles formulados usando ingredientes derivados de fontes vegetais. Teoricamente, os alimentos devem conter uma alta proporção de proteína animal para produzir o máximo grau de conversão alimentar, embora na prática isso aumente o custo do alimento e, conseqüentemente, o preço final do produto (MELENDEZ AREVALO, 2019).

Nesse sentido, a farinha de peixe é uma das principais fontes de proteína utilizadas em rações para peixes (Boscolo *et al.*, 2011), entretanto, é o constituinte mais limitado, imprevisível e caro da dieta (BAGHERI *et al.*, 2013). De acordo com essa perspectiva, a

viabilidade econômica e o aumento do crescimento da aquicultura são afetados pela demanda de proteína para fabricação de rações. Dessa maneira, buscaram-se alternativas para redução ou substituição da farinha de peixe por fontes proteicas de menor custo, boa qualidade nutricional e que resultem em bom desempenho zootécnico.

Para tanto, as fontes alternativas que tenham potencial de substituir a farinha de peixe, devem apresentar determinados aspectos nutricionais como por exemplo: elevado teor de proteína, equilibrado perfil de aminoácidos, baixo teor de fibra e carboidratos insolúveis, ser livre ou possuir reduzida presença de antinutrientes, boa palatabilidade e digestibilidade (GATLIN *et al.*, 2007).

Ainda sobre fontes alternativas que venham a suprir as necessidades proteicas dos organismos aquáticos, com a crescente demanda de proteínas em todo o mundo, os insetos representam um alimento inovador e fonte de alimentação rica em proteínas de alta qualidade, bem como outros nutrientes benéficos como as gorduras, minerais e vitaminas (BERGGREN *et al.*, 2019). Assim, quando comparados às fontes proteicas convencionais, os insetos apresentam inúmeras vantagens, o que os torna ingrediente potencial para ser usado na fabricação de rações para peixes.

Dentre as vantagens cita-se a sua criação e produção em resíduos orgânicos sem potencial de utilização (uso na reciclagem de resíduos orgânicos urbanos de residências, atividades comerciais e instituições), além de eficiência na conversão alimentar, emissão de baixos níveis de gases do efeito estufa e amônia e baixo risco de zoonoses (VAN HUIS *et al.*, 2013). A reciclagem de resíduos orgânicos (resíduos biológicos) ainda é bastante limitada, especialmente nos setores de baixa e média renda, sendo seu uso uma grande oportunidade para diminuir impacto ambiental (DORTMANS *et al.*, 2017).

3.1 LARVAS DE TENÉBRIO (*TENEBRIO MOLITOR*) COMO FONTE PROTEICA

O uso das larvas de *Tenebrio molitor* como fonte potencial de proteína para substituição da farinha de peixe em dietas para peixes tem sido amplamente discutido nos últimos anos. As larvas e pupas deste inseto possuem um conteúdo considerável de proteínas e lipídios (Cavenaghi *et al.*, 2016) bem como aminoácidos essenciais e ácidos graxos em quantidades consideradas adequadas para a alimentação animal (MAKKAR *et al.*, 2014). Contém, em base de matéria seca, 47 a 60% de PB, 31 a 43% de lipídeos e teor relativamente baixo de cinzas (> 5%) (Makkar *et al.*, 2014), sendo que estes valores podem sofrer influência conforme sua alimentação (KROECKEL *et al.*, 2012).

O inseto se caracteriza por sua alta taxa de reprodução com cerca de 500 ovos por ovoposição e tem preferência por ambientes secos e escuros. O desenvolvimento ideal se dá com temperaturas entre 26°C e 32°C, sendo um dos insetos mais cultivados no território ocidental. São animais de fácil cultivo, podendo serem produzidos em espaço reduzido e sem necessidade do uso de equipamentos sofisticados. Além disso, possuem alta fecundidade, alta eficiência na conversão de alimentos e são onívoros, aceitando variadas dietas. Seu uso na alimentação animal tem se tornado cada vez mais comum (ex: aves, suínos, coelhos e peixes) devido à alta digestibilidade (> 80%) e perfil nutricional (POTRICH *et al.*, 2007; VILELLA, 2018).

Para que possa ocorrer a substituição alimentar parcial ou completa da farinha de peixe em dietas práticas para peixes, o *Tenebrio molitor* tem sido avaliado, em base científica (SHAFIQUE *et al.*, 2021). Estudos realizados mostram seu potencial nutricional na alimentação de peixes e por se tratar de um animal de fácil produção, alimentação e colheita, tem sido utilizado também para alimentar mamíferos em cativeiro, aves, répteis e anfíbios (KLASING *et al.*, 2000; ZANUNCIO *et al.*, 2008; BOVERA *et al.*, 2016).

Yi *et al.* (2017), relataram que as larvas de tenébrio *in natura* apresentaram teor de proteínas variando de 24,3 a 27,6% (ou 63-69% em matéria seca), que é comparável a fontes convencionais de proteína da carne, por exemplo (15 a 22%). Ainda, esta espécie de inseto já foi utilizada em dietas estudadas para uma gama de espécies, dentre eles tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Sánchez-Muros *et al.*, 2016), dourada (*Sparus aurata*) (Piccolo *et al.*, 2017), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Chemello *et al.*, 2020), salmão atlântico (*Salmo salar*) (Biancarosa *et al.*, 2019), robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) (Mastoraki *et al.*, 2020; Basto *et al.*, 2020), dentre outros.

Os níveis de inclusão do tenébrio em dietas para peixes podem variar conforme alguns fatores, dentre eles, os hábitos alimentares, o tamanho do peixe e o estágio de cultivo da espécie. Espécies carnívoras provavelmente não toleram altos níveis de tenébrio, ao contrário das espécies onívoras, que tem uma melhor aceitação quando usado este ingrediente como substituto à farinha de peixe (SHAFIQUE *et al.*, 2021).

Outro fator limitante para inclusão é o tipo de processamento a que o verme foi submetido, se ele é apresentado com teor de gordura total ou se foi mecanicamente e/ou quimicamente desengordurado, pois esta questão afetará a palatabilidade da dieta e consequentemente a aceitabilidade do peixe. Além disso, o alto teor lipídico das larvas de tenébrio reduz a disponibilidade de proteína bruta, a qualidade e a vida útil da dieta durante o processo alimentação (REMA *et al.*, 2019).

Nesse sentido, alguns estudos sugerem os níveis de inclusão em dietas para peixes devem ser inferiores a 50%, porém variam conforme a espécie a ser manejada. Piccolo et al. (2017) utilizaram farinha de larva de tenébrio em substituição a farinha de peixe para juvenis de dourada (*Sparus aurata*) e verificaram que a inclusão de até 50% não altera o crescimento dessa espécie, porém, ocorre diminuição na digestibilidade aparente dos nutrientes com este nível de substituição. Com outra espécie, o robalo (*Dicentrarchus labrax*) Gasco et al. (2016) concluíram que a substituição de até 25% da farinha de peixe pela farinha de larvas de tenébrio não afetaram os parâmetros zootécnicos, no entanto, os resultados do estudo de crescimento mostraram que o maior nível de inclusão (50%) levou a uma piora do peso corporal final, ganho de peso, taxa de crescimento específica e taxa de alimentação se comparado à dieta de controle.

Para juvenis de Tambaqui, Lira (2015) observou que níveis de substituição de até 30% da proteína da dieta pela proteína de Tenébrio não altera o desempenho produtivos dos peixes. Para a Truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) Gasco et al. (2014) observaram que substituindo a farinha de peixe por farinha de larva de tenébrio em até 50% não afetou o crescimento.

Quanto à digestibilidade, o tenébrio apresenta resultados satisfatórios frente à outros insetos. Fontes (2019) analisou o coeficiente de digestibilidade de cinco espécies de insetos para tilápia do Nilo e concluiu que o *Tenébrio molitor* foi o que apresentou os melhores CDAs (MS, PB, MM e EB), indicando que esta espécie é promissora no que diz respeito à alimentação dos peixes. Souza (2021) avaliou a digestibilidade do ténebrio para juvenis de jundiá e encontrou resultados que demonstram que os nutrientes e energia da farinha de tenébrio apresentaram valores satisfatórios, uma vez que foram valores altos indicando um bom aproveitamento por parte dos animais. Os CDAs foram de 84,7% para matéria seca, 85,95% para proteína bruta, 93,65% para extrato etéreo, 84,86% para energia bruta e para cinzas 87,19%.

3.2 SEMENTE DE PORONGO (*LAGENARIA SICERARIA*) COMO FONTE PROTEICA

No Brasil existe uma ampla variedade de subprodutos e resíduos agroindustriais, que possuem grande potencial nutricional, podendo ser incorporados em rações destinadas à produção de pescados. Dentre eles, destacam-se os oriundos do despulpamento do Porongo (*Lagenaria siceraria*), fruto do porongueiro, que é pertencente à família *Cucurbitaceae*, assim como o melão, abóbora e melancia. Os frutos do porongueiro que após secos são destinados à confecção de peças de artesanato na maior parte das vezes, tem sua utilização na região sul do

Brasil e em países vizinhos, como a Argentina e o Uruguai, para a confecção de cuias para beber chimarrão, bebida muito tradicional nesses locais (PAUST & LOURENÇO, 2017).

Por se tratar de frutos que apresentam grande variação no formato e volume, esses são processados, tendo em vista alcançar os padrões específicos dos artefatos para atrair a atenção dos consumidores (VALDUGA, 2017). Esse processamento acaba gerando resíduos, e para os mesmos sejam geridos de forma adequada, busca-se elaborar práticas sustentáveis econômica e ambientalmente, pois se trata de uma fonte residual que é descartada no meio ambiente. Segundo Trevisol (2013), cada fruto apresenta de 300 a 700 sementes, as quais a massa pode variar de 10 a 25g a cada 100 sementes. Já para Santos *et al.* (2010), cada fruto tem, em média, 100g de sementes. Com essas informações infere-se que em um cultivo com produção média de 10.000 frutos ha⁻¹, seriam produzidos em torno de 1000 kg ha⁻¹ de sementes.

As composições nutricionais da semente do porongo foram analisadas por Martín (1984), onde em algumas sementes descascadas foram encontrados cerca de 50% de óleo e até 35% de proteína. Outros estudos mostram que as sementes de *Lagenaria siceraria* contêm boas quantidades de óleo que podem ser exploradas. A maior parte do óleo é composto de ácidos graxos insaturados com grandes quantidades de ácidos graxos essenciais, especialmente ácido linoléico (KINKELA, 1990). Achu *et al.* (2006), analisando a porção oleosa da semente de espécies de *Lagenaria siceraria*, encontraram quatro ácidos graxos principais, sendo eles palmítico, esteárico, oleico e linoleico.

Ogunbanjo *et al.* (2016) analisando a composição das sementes maduras do porongo, encontraram uma quantidade substancial de proteína de qualidade (37,1%) e lipídios (39,22%). Neste mesmo estudo foram encontrados os seguintes valores para os aminoácidos: arginina, 58,6 mg/g de proteína; lisina, 56,2 mg /g proteína; valina, 40,6 mg /g de proteína; tirosina, 34,9 mg /g de proteína; treonina, 29,1 mg /g de proteína; leucina, 65,8 mg /g de proteína e isoleucina, 15,1 mg /g de proteína.

Embora contenha elevados teores de proteína e de ácidos graxos essenciais, o resíduo de despulpamento do porongo também possui elevado teor de fibras e alguns antinutrientes (polifenóis, flavonoides, taninos e glicosídeos cianogênicos) que limitam seu uso *in natura* em formulações nas dietas (OJIAKO, 2007).

Neste contexto, a concentração proteica de fontes vegetais como a semente de porongo ganhou importância na indústria de alimentos pela obtenção de produtos com elevado valor biológico (OGUNWOLU *et al.*, 2009). A concentração proteica geralmente é realizada para fins de necessidade nutricional, funcional, sensorial e econômica do ingrediente, através da

extração ou inativação de antinutrientes e substâncias tóxicas que estão fortemente associados às proteínas (LINDEN & LORIENT, 1996).

As técnicas para concentração das proteínas variam conforme os grupos proteicos dos ingredientes em questão, que são classificados de acordo com o perfil de aminoácidos (LEHNINGER *et al.*, 2004). No caso de proteínas vegetais, que estão fortemente ligadas a compostos indigestíveis, têm-se como objetivo separar as proteínas destes compostos (celulose, lignina, polifenóis, polissacarídeos não amiláceos entre outros), bem como a diminuição de riscos à poluição ambiental (LINDEN & LORIENT, 1996).

Portanto, através do uso de tecnologias em alimentos é possível utilizar proteínas presentes nos vegetais de forma mais eficiente, com o desenvolvimento de fontes proteicas de melhor qualidade, tornando seu uso cada vez mais comum no desenvolvimento de novos alimentos. Entretanto, esse fato destaca a necessidade de mais estudos sobre a capacidade digestiva e atividade de enzimas digestivas quando proteínas vegetais ingredientes são usados como fontes alternativas na nutrição de peixes (LUNDSTEDT *et al.*, 2004; STECH *et al.*, 2009).

4 ARTIGO I

O artigo científico intitulado “Farinha desengordurada de larvas de *Tenebrio Molitor* na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*): coeficiente de digestibilidade aparente e desempenho” foi submetido para a revista Ciência Rural e está formatado segundo as normas descritas no Guia dos Autores (Anexo A).

Farinha de larvas de *Tenebrio Molitor* na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*):
coeficiente de digestibilidade aparente e desempenho

Tenebrio Molitor larvae meal in the diet of silver catfish (*Rhamdia quelen*): apparent
digestibility coefficient and zootechnical performance

Matielle Linhares Pittaluga Eduarda Alves Taschetto Bruna Campos Pietro Bruno Bianchi
Loureiro Rafael Lazzari Rodrigo Borille Naglezi de Menezes Lovatto

Resumo

A alimentação constitui importante fator a ser considerado na piscicultura intensiva porque, assim como em outros sistemas de confinamento, o custo com rações balanceadas responde por parcela significativa dos custos totais de produção. Atualmente, em determinadas épocas há escassez na disponibilidade dessas fontes proteicas o que acarreta a indesejável elevação dos preços. Estudos contínuos vêm sendo realizados com o intuito de encontrar fontes proteicas capazes de substituir parcial ou totalmente aquelas de uso convencional em rações para os peixes. Dentre as fontes alternativas tem-se os insetos comestíveis, que têm sido utilizados nos últimos anos como fonte de proteína para alimentos e empregados nas rações animais, como as larvas de *Tenebrio molitor* que possuem desenvolvimento e reprodução fáceis e apresentam quantidades elevadas de proteína e lipídeos. O objetivo do presente estudo foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO) e matéria mineral (MM) da farinha de larvas de tenébrio desengordurada, que foi adicionada em uma dieta referência e oferecida para jundiás (*Rhamdia quelen*). Ainda, foram avaliados os índices digestivos e parâmetros de crescimento dos peixes. A digestibilidade foi estimada pelo

método indireto, onde utilizou-se óxido de cromo na concentração de 0,2% da dieta como indicador, efetuando-se a coleta de fezes por sedimentação, em copos coletores. Trinta e dois exemplares de jundiás foram distribuídos aleatoriamente em seis incubadoras (200 L), onde o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student ($P < 0,05$). A dieta contendo *Tenebrio molitor* apresentou CDAs altos ($>70\%$), porém quando comparada a dieta referência, a excreção de proteína e gordura nas fezes foi maior com a dieta teste. Na avaliação de desempenho foram observadas diferenças significativas somente nos parâmetros de crescimento (CMD e GMD). Os resultados deste estudo demonstram que o jundiá pode ser alimentado com dietas contendo farinha desengordurada de *Tenebrio molitor*, pois o ingrediente apresentou uma boa digestibilidade e aceitação dos animais que não tiveram sua performance de crescimento e desempenho prejudicadas, sendo esta uma boa fonte proteica para a alimentação de peixes.

Palavras-chaves: digestibilidade; jundiá; larvas; proteína; tenébrio

Abstract

Feeding is an important factor to be considered in intensive fish farming because, as in other confinement systems, the cost of balanced rations accounts for a significant portion of the total production costs. Nowadays, at certain times there is a shortage in the availability of these protein sources, which leads to an undesirable rise in prices. Continuous studies have been carried out with the aim of finding protein sources capable of partially or totally replacing those of conventional use in fish diets. Among the alternative sources, we have the edible insects, which have been used in recent years as a source of protein for food and used in animal feed, such as the *Tenebrio molitor* larvae which have easy development and

reproduction, and they also have high amounts of protein and lipids. The objective of the present study was to determine the apparent digestibility coefficients (ADCs) of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), organic matter (OM) and mineral matter (MM) of the larvae of defatted tenebrio (*Tenebrio molitor*) meal added to a reference diet and offered to silver catfish (*Rhamdia quelen*). The digestive indicators and fish growth parameters were also evaluated. Digestibility was estimated by the indirect method, using chromium oxide at a concentration of 0.2% of the diet as an indicator, with the collection of feces by sedimentation in collecting cups. Thirty-two catfish were randomly distributed in six incubators (200 L), where the experimental design was completely randomized, with two treatments and three replications. Data were submitted to analysis of variance and means compared by Student's t test ($P < 0.05$). The diet containing *Tenebrio molitor* presented high CDAs (>70%), In the performance evaluation, significant differences were observed only in the growth parameters (DCM and GMD), however, the excretion of protein and fat in the feces was also higher with this diet. The results of this study demonstrate that the silver catfish can be fed with diets containing defatted *Tenebrio molitor flour*, as the ingredient showed good digestibility and acceptance of animals that did not have their growth performance and performance, in general, impaired, which is a good protein source for fish feeding.

Keywords: *Tenebrio molitor*; silver catfish; apparent digestibility; protein source

Introdução

Na piscicultura intensiva, assim como em outros sistemas de confinamento, o custo com rações balanceadas responde por parcela significativa dos custos totais de produção, sendo que o desempenho zootécnico dos peixes é totalmente dependente de sua nutrição (KOCH *et al.*, 2014). Além da incontestável importância nutricional da proteína, este é o nutriente mais oneroso das dietas representando cerca de 70% dos custos com alimentação na cadeia piscícola (NOGALES-MÉRIDA *et al.*, 2019).

Assim, estudos contínuos vêm sendo realizados com o intuito de encontrar fontes proteicas capazes de substituir parcial ou totalmente aquelas de uso convencional em rações para os peixes, e que possam além disso, proporcionar menor custo e reduzir impactos ambientais. Como exemplo de fontes alternativas à serem empregadas na nutrição de peixes tem-se os insetos comestíveis, que têm sido utilizados nos últimos anos como fonte de proteína para alimentos e empregados nas rações animais.

As larvas de *Tenebrio molitor* (VILELLA, 2018), que são animais com desenvolvimento e reprodução fáceis, e exigências para produção de baixo custo e espaço, pois fazem o aproveitamento de restos orgânicos e inorgânicos para sua alimentação.

Nesse sentido, os ensaios de digestibilidade se tornam muito úteis na nutrição animal, uma vez que através deles são conhecidos a disponibilidade dos nutrientes assim como a energia dos ingredientes e das dietas utilizadas na alimentação (Fracalossi *et al.*, 2013), sendo fundamental para melhoria da eficiência alimentar (BIUDES *et al.*, 2009).

O jundiá, espécie onívora que habita as regiões do sul do Brasil, Argentina e Uruguai e que possui potencial para a criação em larga escala, tem sido produzido com rações que são

formuladas para outras espécies de onívoros, como o bagre americano, por exemplo (SOUZA, 2021). Porém, foi observado em alguns estudos que o jundiá não se comporta como um onívoro típico, demonstrando necessitar de dietas com maior teor proteico e apresentar baixa tolerância para aquelas com níveis elevados de carboidratos (MEYER & FRACALOSSI, 2004; OLIVEIRA FILHO & FRACALOSSI, 2006; MORO *et al.*, 2010).

Assim, tendo em vista que o jundiá se adapta bem à outros tipos de fontes alimentares e também em consequência do pequeno número de trabalhos avaliando a digestibilidade de ingredientes pelo jundiá, a determinação da capacidade de aproveitamento dos ingredientes convencionais e não convencionais por esta espécie se mostra uma área importante na pesquisa (RADUNZ-NETO & BORBA, 2013).

Este estudo teve como objetivo empregar o uso das larvas de *Tenébrio molitor* desengorduradas na nutrição de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*), avaliando parâmetros de crescimento e índices digestivos desses animais bem como as digestibilidades *in vitro* e aparente do ingrediente para a espécie.

Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS (altitude 95 m, longitude 29°43'S, latitude 53°42'W), após aprovação do Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da UFSM, sob n° 7008141020.

Processamento das larvas, composição, formulação e processamento das dietas As larvas de tenébrio foram produzidas na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Campus Palmeira das Missões. A produção foi iniciada através de besouros que foram alojados em bandejas plásticas, estruturadas em prateleira e mantidas em ambiente

climatizado a 25°C. Inicialmente, 300 besouros foram separados em cada bandeja para acasalamento, por 5 a 7 dias. Após esse período, os besouros foram retirados da bandeja e mais substrato foi colocado para as larvas após a eclosão dos ovos.

Com aproximadamente 120 dias as larvas atingiram o estágio de colheita. Essa indicação foi a observação da presença da primeira pupa. As larvas foram peneiradas para remoção de fezes e substrato e permaneceram em jejum por 24 h antes do abate por congelamento. Para atender ao objetivo do presente estudo foram realizados testes que consistiam em submeter as larvas congeladas à diferentes métodos de processamento (sem e com branqueamento ou branqueamento mais choque frio) sendo que todos estes passaram posteriormente por secagem em estufa por período de 24 horas à 50°C.

Foram testados também distintos períodos de secagem em bandeja telada (24, 38 e 72 horas) para as amostras sem uso de branqueamento, sendo realizada a análise bromatológica das amostras posteriormente. Os resultados estão descritos na tabela 1. Estes testes foram realizados afim de definir o método mais adequado para manter as larvas com a coloração original, característica apreciada pela indústria que comercializa este tipo de inseto, bem como manter a fração proteica alta, caracterizando um produto final que pudesse possivelmente substituir a farinha de peixe, por exemplo.

O método que mais se adequou aos interesses deste estudo foi o que submeteu as larvas ao processo de branqueamento com choque frio, pois além da fração proteica ter sido superior com o uso deste método, a coloração das larvas permaneceram intactas (bege claro). As amostras que não passaram por branqueamento, independentemente do tempo de secagem apresentaram coloração escura (marrom escuro/preto). Não sabe-se ao certo o que provoca esta coloração mas infere-se que possa ser em função do perfil lipídico das amostras in natura.

O branqueamento é um dos principais métodos aplicados para garantir a segurança microbiológica dos alimentos por redução da contagem microbiana e da atividade

enzimática, mas pode também influenciar o teor de matéria seca (MS) e a cor desses alimentos (AZZOLLINI *et al.*, 2016; PURSCHKE *et al.*, 2018; MANCINI *et al.*, 2019; MELGAR-LALANNE *et al.*, 2019). Ele foi utilizado para encurtar o tempo de secagem e reduzir os processos oxidativos das larvas que por serem ricas em gordura, ficam sujeitas ao escurecimento durante a secagem.

As amostras de tenébrio congeladas (-20° C) passaram pelo processo de branqueamento sendo colocadas sob fervura à uma temperatura de 90°C por um período de 10 minutos, e após a fervura foram submetidas a um pequeno banho em água congelada (choque frio). Após esse processo, para serem utilizadas no ensaio biológico, as larvas passaram por secagem em estufa de recirculação de ar à 50°C (Marconi, modelo MA035/1152) por um período de 24 horas, moídas em moinho (Marconi, modelo MA-630/1) (>1mm) e desengorduradas com Hexano PA em três lavagens sequenciais na proporção 2:1 (solvente:produto), passando, por último, por nova secagem em estufa (24h), obtendo assim uma farinha desengordurada.

Para estudo da composição nutricional, a farinha de tenébrio desengordurada (FTD) e as larvas in natura (TIN) foram analisadas (Tabela 2), quanto à matéria seca (MS – 105 ± 2°C/24 horas), cinzas (550°C/6 horas) e proteína bruta (PB - determinação de nitrogênio pelo método micro Kjeldahl - N x 6,25, nº 920.87) conforme as metodologias descritas pela AOAC (2000). A gordura residual presente nas amostras foi extraída e quantificada pelo método de extração a frio (BLIGH & DYER, 1959).

A solubilidade da proteína das amostras foi analisada pelo método de Morr *et al.* (1985) e a digestibilidade *in vitro* baseada no método desenvolvido por Mertz *et al.* (1984) e posteriormente modificada por Mokrane *et al.* (2010). O método consiste na digestão das amostras pela enzima pepsina (944 um/mg).

A dietas experimentais foram formuladas para atender as exigências de 37% de proteína bruta estabelecidas por Meyer & Fracalossi (2004) e 3.200 Kcal Energia Digestível.Kg⁻¹ por Montes-Girao & Fracalossi (2006). Para a realização do experimento foram utilizadas duas rações, a ração denominada Dieta Referência – DR, cuja composição centesimal está apresentada na tabela 3 e outra ração teste, com adição das larvas de tenebrio desengorduradas, denominada Dieta Teste Tenebrio – DTT.

A DTT foi constituída de 69,98% da dieta referência e 30% da farinha de larvas de tenebrio. Ambas as dietas continham 0,2% de Oxido de Cromo III, como marcador inerte. Os ingredientes foram moídos e tiveram seu tamanho de partícula padronizado em peneira granulométrica (Granutest) com malha de 590 µm, para melhor uniformidade e após misturados manualmente.

O óleo de soja e a água foram adicionados instantes antes do processo de peletização. Os produtos finais foram secos em estufa de recirculação de ar (50°C por 24 horas), após o processamento os pellets com tamanho de 2,5 mm foram armazenados a uma temperatura de -20°C durante todo o período experimental.

Animais e instalações, manejo alimentar e coleta de fezes

Foram utilizados 192 exemplares de jundiás com peso médio inicial de 15g (32 animais por unidade experimental). Por sete dias, os animais foram adaptados ao manejo e a dieta. Para realizar o ensaio de digestibilidade aparente, foi utilizado o sistema “Guelph” adaptado, com seis incubadoras de fibra de vidro com capacidade de 200L cada, com entrada e saída individuais, dispostas em sistema de recirculação de água. Dois filtros biológicos com pedra britada e um reservatório (1000 L), com temperatura controlada (climatizador de ar de 12000 BTUs).

Na parte inferior de cada incubadora foram instalados registros de esfera adaptados para o acoplamento de tubos tipo Falcon, utilizados na coleta das fezes. Os tubos ficaram imersos em recipientes com gelo para minimizar a degradação das fezes por ação bacteriana. Para a coleta, o registro era fechado e o tubo retirado. Na porção intermediária das incubadoras foi colocada tela para evitar acesso dos peixes às fezes depositadas no fundo.

Após período de adaptação de sete dias, foi dado início ao período de coleta, que perdurou até a obtenção de no mínimo 70 g de fezes úmidas por tratamento. Os peixes foram mantidos durante a noite nas incubadoras, para posterior coleta de fezes, que era realizada diariamente às 08 horas. Durante o dia, após o manejo da coleta de fezes, aloca-se os peixes em outras unidades experimentais (125L de volume útil) pertencentes ao mesmo circuito, para que fossem alimentados duas vezes ao dia, às 09 e 16 horas, até a saciedade aparente.

A limpeza das incubadoras para retirada de resíduos aderidos às paredes foi realizado diariamente. Após a limpeza, aguardava-se o tempo de uma hora para que as partículas em suspensão se depositassem no fundo do tanque. Assim, antes de recolocar os tubos (17 horas), descartava-se a água do fundo, o que acontecia abrindo-se o registro por aproximadamente cinco segundos. Então, recolocava-se os tubos de coleta nos tanques e acondicionavam-se em caixas de poliestireno expandido, com gelo, para minimizar a atividade microbiana.

Avaliação de Digestibilidade Aparente

Após a coleta de fezes realizou-se a centrifugação dos tubos em centrífuga (Sanyo, modelo MTDIIIPLUS) a 3000 rpm por cinco minutos, para precipitação das fezes. As fezes coletadas foram armazenadas úmidas em freezer (-20°C) até o momento das análises, sendo então levadas à estufa (50°C) por 24 horas para obtenção das amostras parcialmente secas, as quais foram maceradas e homogeneizadas para a realização das análises.

A concentração de óxido de cromo III foi determinada pelo método espectrofotométrico da 1,5-difenilcarbazida seguindo os estudos de Graner (1972) e Bremer Neto *et al.* (2003) e a leitura foi realizada pela metodologia descrita por Bremer Neto (1999). As amostras foram pesadas e colocadas em tubo de digestão, em seguida adicionado 5 ml de ácido nitroperclórico e levadas em bloco digestor com temperatura inicial de 50°C, aumentada a cada 30 minutos até atingir 300°C.

Assim que as soluções apresentaram coloração amarelo ouro foram retiradas, resfriadas e diluídas em balão volumétrico de 100ml, sendo retirada alíquota de 5ml e misturada à 5ml de solução de difenilcarbazida para realização da leitura em espectrofotômetro (550nm), após 12 minutos de descanso da solução.

Para o cálculo do coeficiente de digestibilidade das dietas, utilizou-se a equação:

$$CDa = 100 - [100 (\%Cr_2O_3d / \% Cr_2O_3f) \times (\%Nf / \%Nd)]$$

Onde CDa = coeficiente de digestibilidade aparente; %Cr₂O₃d = percentagem de cromo na dieta; % Cr₂O₃f = percentagem de cromo nas fezes; %Nf = percentagem do nutriente nas fezes e %Nd = percentagem de nutriente na dieta.

Os teores de proteína bruta foram determinados pelo método de micro-Kjeldahl (N x 6,25) (método 960.2 da AOAC 1995). A avaliação da matéria seca (MS) foi realizada em estufa a 105°C por 12 horas (método 925.09/17 da AOAC 1995), posteriormente, as amostras foram incineradas em mufla a 550°C por 5 horas (método 923.03 da AOAC 1995) para obtenção da matéria mineral (MM). Os lipídios extraídos a frio utilizando clorofórmio e metanol, de acordo com o método de Bligh & Dyer (1959). Todas as determinações foram feitas nas fezes e nas dietas.

Parâmetros físicos e químicos da água

A temperatura da água foi monitorada diariamente, com termômetro de bulbo de mercúrio. Os demais parâmetros de qualidade da água, tais como, pH, alcalinidade, amônia total, nitrito, oxigênio dissolvido e dureza total foram analisados semanalmente através de kit colorimétrico Alfakit®. Os parâmetros de qualidade de água do sistema de criação durante o período experimental foram os seguintes: temperatura ($25,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$), amônia total ($0,50 \pm 0,09 \text{ mg NH}_3/\text{L}$), nitrito ($0,2 \pm 0,24 \text{ mg NO}_2/\text{L}$), alcalinidade ($50,00 \pm 8,05 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$), dureza ($85,70 \pm 25,50 \text{ mg CaCO}_3/\text{L}$), pH ($7,5 \pm 0,51$) e oxigênio dissolvido ($7,88 \pm 0,22 \text{ ppm}$). Os parâmetros estão de acordo para a criação de jundiás, conforme BALDISSEROTTO & RADUNZ NETO (2004).

Coleta de dados e variáveis analisadas

Foram realizadas duas biometrias, ao início e final do período experimental, que teve duração de 20 dias. Para tais procedimentos, os animais passaram por jejum de 24 horas e foram anestesiados com Benzocaína (100 mg/L). No final do período experimental, 12 animais por tratamento (4 por unidade experimental) foram eutanasiados por overdose de benzocaína (10%, 250 mg/L) (AVMA, 2013), para determinação do rendimento de carcaça (RC) (%): $(\text{peso do peixe eviscerado}/\text{peso do peixe inteiro}) \times 100$; índice digestivo-somático (IDS) (%): $(\text{peso do trato digestório}/\text{peso do peixe inteiro}) \times 100$; índice hepato-somático (IHS) (%): $(\text{peso fígado}/\text{peso do peixe inteiro}) \times 100$; quociente intestinal (QI): $(\text{comprimento do trato digestório}/\text{comprimento total do peixe})$.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste t de Student (P).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados de avaliação das amostras, antes da formulação da ração. Pode-se observar melhora significativa no perfil nutricional do produto gerado, a farinha de tenébrio desengordurada (FTD). A quantidade de proteína bruta e de extrato etéreo tiveram alta e queda, respectivamente. O teor de minerais, o rendimento e a digestibilidade *in vitro* também tiveram valores aumentados na FTD.

Isto indica que o produto, por ter sido desengordurado, teve seu perfil positivamente afetado pelo aumento da concentração proteica e conseqüentemente em níveis de aminoácidos, o que pode gerar suprimento de possíveis deficiências nutricionais. Esse resultado é importante em função das proteínas serem os principais constituintes orgânicos dos tecidos dos peixes, correspondendo a 65 - 75% do total de matéria seca corporal.

Além disso, são responsáveis pela regulação do metabolismo (enzimas e hormônios), estrutura corporal (músculo, colágeno e queratina), transporte (hemoglobina) e defesa (anticorpos) (PORTZ & FURUYA, 2013).

Ainda segundo Losekann *et al.*, (2008), com a diminuição da gordura é possível promover ajuste energético da ração a ser fornecida, uma vez que a gordura se caracteriza por ser fonte energética de rápida metabolização, interferindo diretamente na saciedade e no consumo de alimentos pelos peixes. Quanto aos valores de matéria mineral para a farinha de larva de tenébrio, estes estudos estão de acordo com os realizados por Lira (2015), Tubin (2017), Gasco *et al.* (2016) e Belforti *et al.* (2015) que encontraram 3,5%, 6,2%, 4,7% e 4,7% de cinzas, respectivamente.

A Tabela 4 mostra os resultados de composição química das dietas fornecidas aos jundiás em experimento, bem como das fezes desses animais. A farinha de tenébrio desengordurada (FTD) é uma fonte rica em nutrientes, levando-se em conta outros ingredientes proteicos de origem animal que apresentam teores de PB mais baixos, como por exemplo a farinha de vísceras (43%), farinha de peixes marinhos e farinha de carne e ossos (38%), farinha de salmão (40%) e farinha de sangue (36%), encontrados no estudo realizado por Frei (2015).

O teor de EE encontrado no presente estudo na dieta teste (DTT) está próximo dos valores encontrados por Costa (2017), que observou também que a fração lipídica do *Tenébrio molitor* é constituída predominantemente por triglicerídeos e ácidos graxos livres e que os ácidos graxos monoinsaturados (MUFAs) estão em maior quantidade do que os poliinsaturados (PUFAs), onde o ácido oleico, ácido linoleico e palmítico são os mais predominantes respectivamente.

Pode-se inferir com isto, que a DTT, apesar de ter adição das larvas parcialmente desengorduradas, representa um produto enriquecido nutricionalmente, pois os triglicerídeos são as maiores fontes energéticas existentes por possuírem menos oxigênio na molécula, podendo combinar melhor nas reações de oxidação durante a respiração. Um dos principais estágios para produção de energia de forma aeróbia nas células, é a formação de acetil-coenzima A (CoA) pela oxidação dos ácidos graxos, aminoácidos e piruvato produzido pela glicólise. Os peixes utilizam pequenas quantidades de glicose como substrato para oxidação celular.

Uma das principais características dos peixes é utilizar os aminoácidos como substratos de energia. Portanto, nos peixes, os aminoácidos são mais utilizados do que a glicose como fontes energéticas. Logo, a beta oxidação dos ácidos graxos contribui para produção de ATP. Quando as dietas contem elevados níveis de lípidos, uma diminuição da

oxidação dos aminoácidos é observada, resultando em efeito poupador de energia (GUILLAUME *et al.*, 2001).

Na avaliação da composição química das fezes dos peixes (Tabela 4) observa-se diferença significativa para o conteúdo de MM, EE e PB, onde se encontrou maior conteúdo de proteína nas fezes dos peixes que receberam a ração teste, o que já era esperado, devido ao recebimento de uma dieta com maior teor proteico.

Dentre os fatores que podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes em peixes, pode-se destacar a espécie, condições fisiológicas, idade, temperatura da água, salinidade, quantidade de alimento ingerido e tamanho da partícula (HEPHER, 1988).

Os peixes podem utilizar a proteína como fonte de energia, sendo que a excreção dos produtos da digestão e metabolização dos aminoácidos é feita de forma passiva nas brânquias, com custo energético reduzido (CYRINO *et al.*, 2002). No entanto, a excessiva excreção proteica pode gerar prejuízos tanto para o animal quanto para o ambiente de cultivo. Os compostos nitrogenados e fosforados são os produtos principais de excreção dos peixes (Lazzari & Baldisserotto, 2008), com isso se faz necessário encontrar maneiras de minimizar essa excreção.

A forma de processamento das dietas e o uso de produtos exógenos que facilitem o aproveitamento dos nutrientes, são ferramentas úteis na nutrição. A produção de resíduos metabólicos de nitrogênio (N) pelos peixes é determinada por diversos fatores que podem ser genética, idade, tamanho, ambiente de criação e dieta (MALLEKH *et al.*, 1999). Nos peixes, a excreção de nitrogênio é feita principalmente na forma de amônia.

O aumento na excreção de amônia pode ocorrer devido a uma alta ingestão proteica ou ainda por dietas formuladas e processadas inadequadamente, as quais causam desequilíbrio na síntese proteica (LAZZARI & BALDISSEROTTO, 2008). O excesso de nitrogênio nos

efluentes dos sistemas de aquicultura leva à eutrofização e uma consequente mudança no ecossistema aquático (JAHAN *et al.*, 2003).

Na tabela 5 estão apresentados os parâmetros de crescimento, sobrevivência e índices digestivos dos jundiás que receberam as dietas referência (DR) e teste (DTT). Os resultados mostram que não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos, exceto para CMD e GMD. A dieta DTT apresentou os resultados superiores, mostrando que a dieta teve uma boa aceitação pelos animais assim como um satisfatório aproveitamento.

O índice hepato-somático (IHS) está relacionado com a nutrição dos peixes e é muito importante, pois pode mostrar se os peixes estão utilizando suas reservas metabólicas (glicogênio, lipídeos), ou estão acumulando estas no fígado (YOGATA & OKU, 2000). O fígado é o centro metabólico do organismo e uma maior sobrecarga pode causar uma hiperplasia ou hipertrofia resultando num aumento do IHS (MEURER *et al.*, 2009).

O presente estudo demonstrou que não houve diferença estatística neste parâmetro, porém a dieta DTT obteve um menor índice quando comparada com a DR. O índice digestivo somático e o quociente intestinal não apresentaram diferenças significativas entre as médias, essas variáveis são indicativas de adaptação do trato gastrointestinal ao tipo de alimento ingerido (PEDRON, 2008). Segundo Leenhouders *et al.* (2006), conforme a composição dos ingredientes, o trato digestivo do peixe pode sofrer mudanças como aumentar de tamanho ou peso/volume em uma tentativa de aumentar a área de contato com o alimento, possibilitando dessa forma, melhor digestibilidade.

A determinação da digestibilidade é importante ferramenta, pois quantifica a fração do nutriente que foi absorvida (De Silva & Anderson, 1998), sendo um importante indicador do valor nutricional dos alimentos e potencial indicador de efluentes no meio aquático (Boscolo *et al.*, 2002). Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO) e extrato etéreo (EE) do

ingrediente testado, a farinha de tenébrio desengordurada (FTD) estão apresentados na Tabela 6.

A FTD apresentou valores altos para os coeficientes de digestibilidade, o que significa que a mesma teve um bom aproveitamento pelos animais. Este estudo está de acordo com o realizado por SOUSA (2021), onde avaliando a digestibilidade do tenébrio para jundiás foram encontrados os valores de CDA da PB (85,9%) e EE (93,65%) próximos aos encontrados em nosso ensaio, 95,76% para PB e 96,28% para EE.

Em outro estudo realizado por Gasco *et al.* (2016) com o robalo europeu, a digestibilidade da dieta contendo tenébrio substituindo a farinha de peixe numa porcentagem de 25%, obteve melhores valores de CDA da PB (92%) e MM (80%) em comparação a dieta só com a farinha de peixe, que assim como no presente estudo apresentou valores de CDA satisfatórios para espécie. Porém neste mesmo estudo chama atenção a mortalidade dos animais que foi de 8%, o que diverge dos resultados obtidos em nosso estudo, onde a sobrevivência foi de 100%. Atribui-se esse ótimo desempenho ao manejo dado aos animais, que estavam em conformidade com as diretrizes de bem-estar animal, além do controle periódico dos parâmetros físicos e químicos da água.

Fontes *et al.* (2019) com inclusão de 20% de diferentes farinhas de inseto na dieta, a farinha de tenébrio para alevinos de tilápia também obteve valores altos de CDA de MS 95,8%, PB 85,4% e EE 90,6% respectivamente. Oliveira Filho & Fracalossi (2006) em pesquisa de CDA para jundiás alimentados com alguns ingredientes, observaram que a farinha de peixe, apresentou valores de CDA da PB 77,7% e CDA da MS 58,6%. Estes valores encontrados de CDA para farinha de peixe são relativamente menores que os encontrados neste trabalho para farinha de tenébrio, mostrando que este ingrediente teve bom aproveitamento pelo jundiá.

Conclusão

Os resultados deste estudo demonstram que o jundiá pode ser alimentado com dietas contendo *Tenebrio molitor*, pois o ingrediente apresentou uma alta digestibilidade e aceitação dos animais que não tiveram sua performance de crescimento e desempenho prejudicadas, sendo esta uma fonte proteica promissora para a alimentação de peixes.

Tabela 1. Análise bromatológica das larvas de *Tenebrio molitor* submetidas a diferentes métodos de processamento e tempos de secagem

Amostra	MS	CZ	GOR	PB(N%*6,25)
SB24h	89,72 ± 0,17	3,49 ± 0,13	27,16 ± 0,65	46,82 ± 0,34
CB24h	96,21 ± 0,05	2,56 ± 0,04	31,32 ± 0,37	49,58 ± 2,24
BCF24h	94,67 ± 0,16	2,36 ± 0,02	29,36 ± 1,06	50,41 ± 0,79
BT24h	91,37 ± 0,08	3,35 ± 0,02	28,69 ± 0,84	49,36 ± 0,24
BT38h	92,06 ± 0,13	3,23 ± 0,04	29,97 ± 0,62	47,73 ± 1,72
BT72h	88,42 ± 0,18	3,53 ± 0,18	34,25 ± 0,84	47,31 ± 1,21

SB: sem branqueamento, CB:com branqueamento; BCF: branqueamento e choque frio; BT: bandeja telada. Médias ± desvio padrão (n = 3).

Tabela 2. Composição centesimal, rendimento, solubilidade proteica e digestibilidade *in vitro* das larvas de tenébrio

	TIN ¹	FTD ²
Proteína Bruta (%)	49,58 ± 2,24	69,39 ± 0,65
Matéria seca (%)	96,21 ± 0,05	94,53 ± 0,11
Matéria mineral (%)	2,56 ± 0,04	5,46 ± 0,08
Extrato Etéreo (%)	31,32 ± 0,37	8,27 ± 1,02
Rendimento (%)	42,77 ± 0,91	56,11 ± 0,85
Solubilidade Proteica (%)	8,78 ± 0,73	18,54 ± 0,56
Digestibilidade <i>in vitro</i> (%)	74,96 ± 1,64	88,65 ± 1,32

¹Tenébrio in natura; ²Farinha de tenébrio desengordurada. Médias ± desvio padrão (n = 3).

Tabela 3. Composição da dieta referência (DR) com óxido de cromo III (g/100 g base seca)

Ingredientes	DR
Farinha de peixe	41,00
CPS ¹	26,00
Amido de milho	17,00
Inerte ²	7,16
Óleo de soja	3,12
Premix vitamínico de mineral ³	3,00
Fosfato bicálcico	1,00
Calcário Calcítico	1,00
Glutamato monossódico	0,50
Oxido de Cromo III	0,20
BHT ⁴	0,01
Composição centesimal	
Matéria Seca*	95,95
Proteína bruta*	38,72
Matéria mineral*	24,25
Gordura*	8,07
Energia digestível (kcal/kg) ⁵	3200,45

¹ Concentrado proteico de soja (60% proteína bruta)

² Areia

³ Premix vitamínico e mineral (composição/kg de produto): ácido fólico: 299,88 mg; ácido ascórbico: 15.000,12 mg; ácido pantotênico: 3.000,10 mg; biotina: 0,06 mg; niacina (vitamina B3): 9.000,32 mg; colina (vitamina B4): 103.500,00 mg; vitamina A: 1.000.000,00 UI; vitamina B1: 1.500,38 mg; vitamina B2: 1.500,00 mg; vitamina B6: 1.500,38 mg; vitamina D3: 240.000,00 UI; vitamina E: 10.000,00 mg; vitamina K3: 400,00 mg; inositol: 9.999,92 mg; ferro: 6.416,80 mg; manganês: 8.000,40 mg; cobre: 1.000,00 mg; zinco: 13.999,50 mg; iodo: 45,36 mg; cobalto: 60,06 mg; selênio: 60,30 mg; magnésio: 5,10 mg; cloro: 23 mg; enxofre: 0,1 mg

⁴ Butil Hidroxitolueno

⁵ Energia digestível calculada: [(Proteína bruta x 5,65 x 0,85) + (Gordura x 9,4 x 0,9) + (Carboidratos x 4,15 x 727 0,7)] (adaptado de Meyer, Fracalossi e Borba, 2004)

* Composição analisada (Laboratório de Piscicultura, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil)

Tabela 4. Composição química (%) das dietas e das fezes de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos às dietas

	Dietas		
	DR	DTT	Teste T (<0,05)
MS	95,87 ± 0,17 ^a	95,21 ± 0,01 ^a	0,892
MM	24,25 ± 0,34 ^a	17,70 ± 0,02 ^b	0,012
EE	8,08 ± 0,34 ^a	12,98 ± 0,52 ^b	0,003
PB	38,72 ± 0,98 ^a	47,13 ± 0,45 ^b	0,006
Fezes			
MS	96,44 ± 0,03 ^a	96,38 ± 0,13 ^a	0,851
MM	51,99 ± 0,27 ^a	54,28 ± 0,36 ^b	0,017
EE	1,71 ± 0,10 ^a	2,61 ± 0,19 ^b	0,000
PB	10,67 ± 0,34 ^a	11,67 ± 0,65 ^b	0,024

MS: matéria seca; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta. Médias ± desvio padrão (n = 3).

Tabela 5. Desempenho dos jundiás (*Rhamdia quelen*) alimentados com as dietas

	Tratamentos		
	DR	DTT	Teste T (<0,05)
CMD (g)	0,70 ± 0,02	1,14 ± 0,04	0,000
GMD (g)	0,57 ± 0,08	1,28 ± 0,29	0,016
CAA	1.25 ± 0.15	0.92 ± 0.22	0,108
RC (%)	85,15 ± 1,27	85,29 ± 1,13	0,612
SOB (%)	100	100	0,000
IDS (%)	2,94 ± 0,18	2,83 ± 0,57	0,274
IHS (%)	1,84 ± 0,12	1,43 ± 0,42	0,286
QI (%)	0,75 ± 0,25	0,88 ± 0,17	0,318

CMD: consumo médio diário; GMD: ganho médio diário; CAA: conversão alimentar aparente; RC: rendimento de carcaça; SOB: sobrevivência; IDS: índice digestivo-somático; IHS: índice hepato-somático; QI: quociente intestinal. Médias ± desvio padrão (n = 3).

Tabela 6. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs %) do ingrediente teste

	FTD
CDA MS	88.46 ± 4,92
CDA MM	70.50 ± 12,03
CDA MO	93.04 ± 3,11
CDA PB	95.76 ± 1,97
CDA EE	96,28 ± 1,06

CDA MS: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA PB: coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta; CDA MM: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA MO: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA EE: coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo. Médias ± desvio padrão (n = 3).

Referências

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, 1137 p., 2000.

AZZOLLINI D, Derossi A, Severini C (2016). Understanding the drying kinetic and hygroscopic behaviour of larvae of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and the effects on their quality. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 233-243

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação do jundiá**. Santa Maria: UFSM, 2004. 232 p.

BELFORTI, M. et al. *Tenebrio molitor* meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: Effects on animal performance, nutrient digestibility and chemical composition of fillets. *Italian journal of animal science*. v. 14, p. 8. 2015.

BIUDES, José Francisco Vicente; PEZZATO, Luiz Edivaldo; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-donilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2079-2085, 2009.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959. *Boletim do Instituto de Pesca*, 31 (2), 171-174.

BOSCOLO, Wilson Rogério et al. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BOYD, C.E.; D'ABRAMO, L.R.; GLENCROSS, B.D.; HUYBEN, D.C.; JUAREZ, L.M.; LOCKWOOD, B.D.; Mc NEVIN, A.A.; TACON, A.G.J.; TELETSCHEA, F.; TOMASSO Jr, J.R.; TUCKER, C.S.; VALENTI, W.C. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *J. World Aquac. Soc.*, 51, 578-633, 2020. <http://doi.org/10.1111/jwas.12714>

BREMER NETO, H. O método da s-difenilcarbazida na determinação espectrofotométrica do cromo (III) em fezes, após sua utilização como marcador biológico na forma de óxido de

crômio (III): Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. 53p. 1999. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista.

BREMER NETO, Hermann et al. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 249-255, 2003.

CHAALALA, Syrine; LEPLAT, Achille; MAKKAR, Harinder. 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.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017. Ração é o principal insumo da produção aquícola. <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/ativos-aquicultura>

COSTA, Sara Machado. **Proteínas de larvas de *Tenebrio molitor* (L., 1758): extração, caracterização e aplicação num produto alimentar**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

CYRINO, J. E. P. **Condicionamento alimentar e exigências nutricionais de espécies carnívoras: desenvolvimento de uma linha de pesquisa**. 200p. Tese (Livre- Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. Fish Nutrition in Aquaculture. St. **Edmundsbury Press, Great Britain**, v. 1, p. 319, 1995.

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FONTES, T.V. et al. Digestibilidade de farinhas de insetos para alevinos de tilápia do Nilo. *Animals*, 9, 181, 2019.

FRACALOSSO, Débora Machado et al. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**, 2013.

FREI, Guilherme Rodrigo. Digestibilidade aparente de ingredientes proteicos de origem animal para o jundiá *Rhamdia voulezi*. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

GASCO, L. et al. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Insects to feed the world*. p. 14-17. 2014.

GASCO, L. et al. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal feed science and technology*. v. 220, p. 3445. 2016.

GUILLAUME, L., et al. Nutrition in feeding of fish and crustaceans. Paris, Ed. Chichester, France, p.59 – 79, 2001

GRANER, C. A. F. Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida. **Botucatu: Universidade Estadual Paulista**, 1972.

HEPHER, Balfour. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge university press, 1988.

JAHAN, Parveen et al. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. **Fisheries Science**, v. 69, n. 2, p. 219-225, 2003.

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.

KOCH, J.F.A.; ESPERANCINI, M.S.T.; BARROS, M.M.; CARVALHO, P.L.P.F.; FERNANDES JUNIOR, A.C.; TEIXEIRA, C.P.; PEZZATO, L.E. 2014. Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(4): 605-616.

LAZZARI, Rafael; BALDISSEROTTO, Bernardo. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2008.

LEENHOUWERS, J. I. et al. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 111-116, 2006.

LIRA, J. A. Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). 2015. p. 53. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Nilto Lins. 2015.

LOSEKANN, M.E. et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.38, n.1, p.225-230, jan./fev. 2008.

MALLEKH, R.; BOUJARD, Thierry; LAGARDÈRE, J. P. Evaluation of retention and environmental discharge of nitrogen and phosphorus by farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). **North American Journal of Aquaculture**, v. 61, n. 2, p. 141-145, 1999.

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, 133.

MANCINI S, Fratini F, Tuccinardi T, Turchi B, Nuvoloni R, Paci G (2019). Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 225-234

Melgar-Lalanne G, Hernández-Álvarez A-J, Salinas-Castro A (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18: 1166-1191.

MERTZ, Edwin T. et al. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 81, n. 1, p. 1-2, 1984.

MEURER, Fábio et al. Brown propolis extract in feed as a growth promoter of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 5, p. 603-608, 2009.

MEYER, Gustavo; FRACALOSSO, Débora Machado. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, n. 1-4, p. 331-343, 2004.

MOKRANE, Hind et al. Assessment of Algerian sorghum protein quality [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using amino acid analysis and in vitro pepsin digestibility. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 719-723, 2010.

MONTES-GIRAO, Pamela J.; FRACALOSSO, Débora M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

MORR, C. V. et al. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 6, p. 1715-1718, 1985.

Munshi, J.S.D., Dutta H.M., 1996. Fish Morphology: Horizon of New Research. Science Publishers, 300p

MORO, Giovanni Vitti et al. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 394-400, 2010.

NOGALES-MÉRIDA, S. et al. Refeições de insetos na nutrição de peixes. *Comentários em Aquicultura*. v. 11, pág. 1080-1108, 2019. DOI: 10.1111/raq.12281

Nogales-Mérida, S.; Gobbi, P.; Józefiak, D.; Mazurkiewicz, J.; Dudek, K.; Rawski, M.; Kierończyk, B.; Józefiak, A. Insect meals in fish nutrition. *Rev. Aquac.* 2019, 11, 1080–1103.

OCDE/FAO (2019). “OECD-FAO Agricultural Outlook”, estatísticas da OCDE sobre agricultura (banco de dados), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

OLIVEIRA-FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1581-1587, 2006.

PEDRON, F. de A.; RADÚNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P. da; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIVERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.93-98, 2008. DOI: 10.1590/ S0100-204X2008000100012.

PORTZ, L.; FURUYA, W.M. (Org). Energia, Proteína e Aminoácidos. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutriaqua: Nutrição e Alimentação de Espécies de Interesse para Aquicultura Brasileira. Ed. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, Florianópolis, Brasil, p. 65, 2013.

Purschke B, Brüggem H, Scheibelberger R, Jäger H (2018). Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology* 244: 269-280

RADUNZ-NETO, J.; BORBA, M. R. Exigências nutricionais e alimentação do jundiá, in: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. *NUTRIAQUA: Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira*. 1ª edição 24 ampliada, Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 375 p. 2013.

SANTOS, Lilian Dena dos et al. Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-donilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1481-1488, 2007.

SOUSA, Nathã Costa de. Farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). 2021. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Paraná – UFPR.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VIDAL JR., M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L. C. 2004. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 6: 2193-2200, (supl. 3).

VILELLA, L. M. Produção de insetos para o uso na alimentação animal. 2018. p. 69. Trabalho de conclusão de curso (Zootecnia). Faculdade federal do Rio Grande do Sul, Curso de Zootecnia. 2018.

YOGATA, Hiroshi; OKU, Hiromi. The effects of swimming exercise on growth and wholebody protein and fat contents of fed and unfed fingerling yellowtail. **Fisheries science**, v. 66, n. 6, p. 1100-1105, 2000.

5 ARTIGO II

O artigo científico intitulado “**Concentrado Proteico de Sementes do Porongo: avaliação do coeficiente de digestibilidade aparente e desempenho em jundiás**” foi submetido para a Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal está formatado segundo as normas descritas no Guia dos Autores (Anexo B)

1 **Concentrado Proteico de Sementes do Porongo: coeficiente de digestibilidade aparente e**
2 **desempenho em jundiás**

3
4 *Porongo Seed Protein Concentrate: apparent digestibility coefficient and performance in*
5 *silver catfish*

6 EBLING, Matielle Linhares Pittaluga¹; TASCHETTO, Eduarda Alves²; PIETRO, Bruna
7 Campos⁴, LOUREIRO, Bruno Bianchi⁵ ; LOVATTO, Naglezi de Menezes⁵;

8
9 ¹ Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima nº1000, Cidade Universitária,
10 Bairro Camobi, Santa Maria – RS, CEP: 97105-900, Brasil

11 *E-mail para correspondência: matiellep@hotmail.com

12 ^{2,3,4,5} Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Av. Roraima nº1000, Cidade
13 Universitária, Bairro Camobi, Santa Maria – RS, CEP: 97105-900, Brasil

14
15 **ABSTRACT**

16 The objective of this study was to extract and concentrate the proteins present in porongo
17 (*Lagenaria siceraria*) seeds, subsequently carrying out a biological assay with silver catfish
18 (*Rhamdia quelen*) to determine the apparent digestibility coefficients (ADCs) of dry matter
19 (DM), crude protein (CP), ether extract (EE), organic matter (OM) and mineral matter (MM)
20 for this ingredient. Two diets were designed, a reference and another one where porongo seed
21 protein concentrate (PSPC) was added to the reference diet, in the percentage of 30%.
22 Digestive indicators and growth parameters of silver catfish were evaluated, comparing the
23 two diets. Digestibility was estimated by the indirect method, using chromium oxide at a
24 concentration of 0.2% of the diet as an indicator. Thirty-two silver catfish were randomly
25 distributed in six incubators (200 L) where the experimental design was completely
26 randomized, with two treatments and three replications. In the study, statistical differences
27 were observed in the proximate composition of the diets (CP, EE and MM) in the feces (CP
28 and EE). There was a statistical difference in growth parameters (DCM, GMD and CAA) and
29 for hepatosomatic indicator. In CDAs, satisfactory values were found for EE and CP, and

30 values close to that considered good by the literature (>70%). In short, it was considered that
31 the porongo seed protein concentrate (PSPC) can be a good option as a protein source in the
32 catfish diet, because, besides its good acceptance, it promoted satisfactory performance with
33 total survival of the animals.

34 **Keywords:** Curcubitaceae, *Lagenaria siceraria*, *Rhamdia quelen*

35

36 **RESUMO**

37 O objetivo deste estudo foi extrair e concentrar as proteínas presentes nas sementes de
38 porongo (*Lagenaria siceraria*), realizando-se posteriormente um ensaio biológico com
39 jundiás (*Rhamdia quelen*) para determinar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs)
40 da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria orgânica (MO) e
41 matéria mineral (MM) para este ingrediente. Confeccionou-se duas dietas, uma referência e
42 outra onde adicionou-se o concentrado proteico de sementes do porongo (CPSP) à dieta
43 referência, na porcentagem de 30%. Avaliou-se os índices digestivos e parâmetros de
44 crescimento dos jundiás, comparando as duas dietas. A digestibilidade foi estimada pelo
45 método indireto, onde utilizou-se óxido de cromo na concentração de 0,2% da dieta como
46 indicador. Trinta e dois jundiás foram distribuídos aleatoriamente em seis incubadoras (200 L)
47 onde o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três
48 repetições. No estudo observou-se diferenças estatísticas na composição centesimal das rações
49 (PB, EE e MM) nas fezes (PB e EE). Houve diferença estatística nos parâmetros de
50 crescimento (CMD, GMD e CAA) e para o índice hepatossomático (IHS). Nos CDAs
51 verificou-se valores satisfatórios para EE e PB, e valores próximos ao considerado bom pela
52 literatura (>70%). Em suma, considerou-se que o concentrado proteico de semente de
53 porongo (CPSP) pode ser uma boa opção como fonte proteica na alimentação do jundiá, pois
54 além da boa aceitação promoveu desempenho satisfatório com total sobrevivência dos
55 animais.

56 **Palavras-chaves:** *Curcubitacea, Lagenaria siceraria, Rhamdia quelen*

57

58 **INTRODUÇÃO**

59 No atual momento da produção piscícola no Brasil, faz-se necessário agregar
60 informações sobre aspectos ligados a forma de aproveitamento do alimento pelos peixes e o
61 adequado aporte de nutrientes dos alimentos, assim como a digestibilidade aparente dos
62 ingredientes.

63 Em nosso País, existe uma ampla variedade de subprodutos e resíduos agroindustriais
64 que possuem grande potencial nutricional, podendo ser incorporados em rações destinadas à
65 produção de pescados. Dentre eles, destacam-se os oriundos do despulpamento do porongo,
66 fruto do porongueiro que após seco é utilizado para artesanato e produção de cuias. O
67 porongo é uma herbácea que pertence à família das *Cucurbitaceae*, da qual também fazem
68 parte a abóbora, o melão, a melancia e outras utilizadas na alimentação (PRAJAPATI *et al.*,
69 2010). Durante seu processamento acabam sendo produzidos resíduos que geralmente são
70 descartados no meio ambiente.

71 Como forma de gerenciar adequadamente essa fonte residual, busca-se elaborar
72 práticas sustentáveis econômica e ambientalmente corretas. Segundo Fokou *et al.* (2004), as
73 sementes podem ser utilizadas para nutrição, pois são fontes de proteína, lipídios, minerais e
74 cálcio.

75 Conjuntamente, a pesquisa por ingredientes proteicos alternativos à farinha de peixe e
76 demais fontes de proteína de origem animal na nutrição de peixes e outros organismos
77 aquáticos é tema de estudos em âmbito internacional. Esta substituição de ingredientes nas
78 dietas aquícolas está atrelada ao aparecimento de diversas fontes, consideradas coprodutos de
79 cadeias agroindustriais, que ao serem estudados e devidamente processados, podem constituir
80 importante fonte de nutrientes.

81 A pesquisa em nutrição de peixes passa por uma fase na qual não basta avaliar apenas
82 um ingrediente nas formulações das dietas (RADÜNZ NETO *et al.*, 2013). Na atual
83 conjuntura da produção de peixes no Brasil, faz-se necessário agregar informações sobre
84 aspectos ligados a forma de aproveitamento do alimento pelos peixes e o adequado aporte de
85 nutrientes essenciais presentes nos alimentos, bem como a digestibilidade aparente do
86 ingrediente.

87 Além disso, para viabilizar a utilização de novas fontes proteicas, muitas vezes são
88 necessárias estratégias de concentração e modificação química, a fim de minimizar fatores
89 antinutricionais e melhorar o perfil biológico e digestibilidade desses ingredientes, visando
90 seu uso como novo ingrediente em rações de peixes (MARIOD *et al.*, 2010).

91 Esse estudo objetivou desenvolver processo efetivo para obtenção de um concentrado
92 proteico das semente do porongo (*Lagenaria siceraria*), e posterior avaliação da
93 digestibilidade aparente desse ingrediente na nutrição de jundiás (*Rhamdia quelen*).

94

95 MATERIAL E MÉTODOS

96 O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Piscicultura do Departamento
97 de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria – RS (altitude 95 m, longitude 29°43’S,
98 latitude 53°42’W), após aprovação do Comitê Interno de Ética em Experimentação Animal da
99 UFSM, sob n° 7008141020, no período de janeiro a março de 2021.

100 As amostras de semente de porongo passaram por processo de lavagem para remoção
101 do excesso de resíduo do bagaço, sendo posteriormente secas a 50°C por 24 horas, moídas em
102 micro moinho refrigerado (Marconi, modelo MA-630/1) e tiveram seu tamanho de partícula
103 padronizado em peneira granulométrica (Granutest) com malha de 0,42 mm. O óleo das
104 sementes foi removido usando Hexano PA em uma proporção 2:1 (hexano:amostra), sendo

105 feitas três lavagens sequenciais, resultando no farelo de sementes de porongo que foram
106 consideradas aptas para obtenção do concentrado proteico. A extração do concentrado
107 proteico do porongo (CPP) foi realizada de acordo com Smith *et al.* (1946) e Lovatto (2020),
108 com adaptações do ponto isoelétrico da proteína (pH 9,5/5,1) e por fosforilação com
109 trimetafosfato de sódio, na concentração de 4%.

110 Após os processos iniciais realizados, foram avaliados o rendimento e o conteúdo de
111 proteína bruta do concentrado, com o objetivo de gerar um novo ingrediente proteico
112 potencial para alimentação e nutrição de alevinos. O teor de proteína das frações proteicas
113 solúveis obtidas foi analisado pelo método de Kjeldahl com um fator de conversão proteína-
114 nitrogênio de 6,25 (AOAC, 2000). Após o processo de concentração proteica as amostras
115 passaram novamente por secagem em estufa à 50°C por 24h e armazenados a uma
116 temperatura de -20°C até a incorporação na dieta.

117 Para estudo da composição nutricional, foram determinados a matéria seca (MS -
118 $105\pm 2^\circ\text{C}/24$ horas) e cinzas (MM - $550^\circ\text{C}/6$ horas), a gordura residual foi extraída e
119 quantificada pelo método de Bligh & Dyer (1959) com extração a frio e os teores de fibras
120 foram quantificados pelo método de Van Soest *et al.* (1991).

121 Durante o desenvolvimento do CPP, foram avaliados além do rendimento proteico, a
122 solubilidade da proteína pelo método de Morr *et al.* (1985) e a digestibilidade *in vitro*, a qual
123 foi realizada através de metodologia desenvolvida por Mertz *et al.* (1984) e modificada por
124 Mokrane *et al.* (2010). O método é baseado na digestão da amostra pela enzima pepsina (944
125 um/mg). Para a realização do experimento foram formuladas duas rações, uma denominada
126 dieta referência – DR, cuja formulação e composição química estão apresentadas na Tabela 1,
127 e outra dieta teste, denominada dieta concentrado proteico do porongo - DCP, na
128 alimentação dos jundiás (*Rhamdia quelen*). A ração teste foi constituída de 69,98% da ração

129 referência e 30% do concentrado proteico (CPP). Ambas as dietas continham 0,2% de Oxido
 130 de Cromo III, como marcador inerte.
 131

Tabela 1. Composição da dieta referência (DR) com óxido de cromo III (g/100 g base seca)

Ingredientes	Dieta padrão
Farinha de peixe	41,00
CPS ¹	26,00
Amido de milho	17,00
Inerte ²	7,16
Óleo de soja	3,12
Premix vitamínico de mineral ³	3,00
Fosfato bicálcico	1,00
Calcário Calcítico	1,00
Glutamato monossódico	0,50
Oxido de Cromo III	0,20
BHT ⁴	0,01
Composição calculada (g/100 g base seca)	
Proteína bruta	38,72
Matéria mineral	24,25
Gordura	8,07
Energia digestível (kcal/kg)	3200,45

132 ¹ Concentrado proteico de soja (60% proteína bruta)

133 ² Areia

134 ³ Premix vitamínico e mineral (composição/kg de produto): ácido fólico: 299,88 mg; ácido ascórbico:
 135 15.000,12 mg; ácido pantotênico: 3.000,10 mg; biotina: 0,06 mg; niacina (vitamina B3): 9.000,32 mg;
 136 colina (vitamina B4): 103.500,00 mg; vitamina A: 1.000.000,00 UI; vitamina B1: 1.500,38 mg; vitamina
 137 B2: 1.500,00 mg; vitamina B6: 1.500,38 mg; vitamina D3: 240.000,00 UI; vitamina E: 10.000,00 mg;
 138 vitamina K3: 400,00 mg; inositol: 9.999,92 mg; ferro: 6.416,80 mg; manganês: 8.000,40 mg; cobre:
 139 1.000,00 mg; zinco: 13.999,50 mg; iodo: 45,36 mg; cobalto: 60,06 mg; selênio: 60,30 mg; magnésio: 5,10
 140 mg; cloro: 23 mg; enxofre: 0,1 mg

141 ⁴ Butil HidroxitTolueno

142 ⁵ Composição analisada (Laboratório de Piscicultura, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio
 143 729 Grande do Sul, Brasil)

144 ⁶ Energia digestível calculada: [(Proteína bruta x 5,65 x 0,85) + (Gordura x 9,4 x 0,9) + (Carboidratos x 4,15
 145 x 727 0,7)] (adaptado de Meyer, Fracalossi e Borba, 2004)

146

147 A DR foi formulada de acordo com as exigências de 37% de proteína bruta
 148 estabelecidas por Meyer & Fracalossi (2004), 3.200 Kcal Energia Digestível.Kg⁻¹ e exigência
 149 em aminoácidos por Montes-Girao & Fracalossi (2006). Os ingredientes foram moídos,
 150 peneirados em granulometria de 590 µm para melhor uniformidade e após, misturados
 151 manualmente. O óleo de soja e a água foram adicionados instantes antes do processo de

152 peletização. Os produtos finais foram secos em estufa de recirculação de ar (50°C por 24
153 horas), após o processamento, os pellets (2,5mm) foram armazenados a uma temperatura de -
154 20°C durante todo o período experimental.

155 Foram utilizados 32 alevinos de jundiás por unidade experimental, com peso médio
156 inicial de 15g. Os animais passaram por período de adaptação de sete dias, antes da
157 introdução das dietas testes. Foi utilizado o sistema “Guelph” adaptado para o ensaio de
158 digestibilidade in vivo, sendo utilizadas seis incubadoras com capacidade de 200L, dispostas
159 em sistema de recirculação de água. Na parte inferior de cada incubadora foram instalados
160 registros de esfera adaptados para o acoplamento de tubos tipo Falcon, utilizados na coleta das
161 fezes.

162 Após período de adaptação dos animais foi dado início ao período de coleta, que se
163 encerrou após obtenção de 70 g de fezes úmidas por tratamento. Os peixes foram mantidos
164 durante a noite nas incubadoras e durante o dia, após o manejo de coleta das fezes, aloca-se
165 os peixes em outras unidades experimentais (125 L de volume útil) pertencentes ao mesmo
166 circuito, para que fossem alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente.

167 Após a coleta de fezes, os tubos passaram por centrifugação em centrífuga (Sanyo,
168 170 modelo MTDIIIPLUS) a 3000 rpm por período de cinco minutos, para precipitação das
169 fezes. As fezes foram armazenadas úmidas em freezer (-20°C) até o momento das análises,
170 sendo então levadas à estufa (50°C) por 24 horas para obtenção das amostras parcialmente
171 secas, as quais foram maceradas e homogeneizadas para a realização das análises.

172 A metodologia para obtenção da concentração de Oxido de Crômio III nas fezes e nas
173 rações foi realizada com base em estudos de Graner (1972) e Bremer Neto *et al.* (2003) para a
174 digestão, sendo a leitura realizada por metodologia descrita por Bremer Neto (1999). As
175 amostras pesadas foram colocadas em tubo de digestão, sendo adicionado 5 ml de ácido
176 nitroperclórico. Os tubos foram levados ao bloco digestor com temperatura inicial de 50°C,

177 sendo esta aumentada a cada 30 minutos, até atingir 300°C. Após as soluções apresentarem
178 coloração amarelo ouro foram retiradas, resfriadas e diluídas com água destilada em balão
179 volumétrico de 100ml. Para a leitura em espectrofotômetro (550nm) foi retirada uma alíquota
180 de 5ml que foi misturada à 5ml de solução de difenilcarbazida.

181 Para o cálculo do coeficiente de digestibilidade das dietas, utilizou-se a equação:

182 $CDa = 100 - [100 (\%Cr2O3d / \% Cr2O3f) \times (\%Nf / \%Nd)]$, onde CDa = coeficiente de
183 digestibilidade aparente; %Cr2O3d = percentagem de cromo na dieta; %Cr2O3f =
184 percentagem de cromo nas fezes; %Nf = percentagem do nutriente nas fezes e %Nd =
185 percentagem de nutriente na dieta.

186 Os teores de proteína bruta foram determinados pelo método de micro-Kjeldahl (N x
187 6,25) (método 960.2 da 225 AOAC 1995). A avaliação da matéria seca (MS) foi realizada em
188 estufa a 105°C por 12 horas (método 925.09/17 da AOAC 1995), posteriormente, as amostras
189 foram incineradas em mufla a 550°C por 5 horas (método 923.03 da AOAC 1995) para
190 obtenção da matéria mineral (MM). Os lipídios extraídos a frio utilizando clorofórmio e
191 metanol, de acordo com o método de Bligh & Dyer (1959). Todas as determinações foram
192 feitas nas fezes e nas dietas.

193 Os parâmetros de qualidade da água, tais como, pH, alcalinidade, amônia total, nitrito,
194 oxigênio dissolvido e dureza total da água foram analisados semanalmente através de kit
195 colorimétrico Alfakit®. A temperatura foi monitorada diariamente com termômetro de bulbo
196 de mercúrio.

197 Foram realizadas biometrias ao início e final do período experimental. Os animais
198 passaram por jejum de 24 horas e foram anestesiados com Benzocaína (100 mg/L) para
199 realização dos procedimentos. No final do período experimental, foram eutanasiados doze
200 animais por tratamento, através de overdose de benzocaína (10%, 250 mg/L) (AVMA, 2013),
201 para determinação de rendimento de carcaça (RC) (%): (peso do peixe eviscerado/peso do

202 peixe inteiro) x 100; índice digestivo-somático (IDS) (%): (peso do trato digestório/peso do
203 peixe inteiro) x 100; índice hepato-somático (IHS) (%): (peso fígado/peso do peixe inteiro) x
204 100; quociente intestinal (QI): (comprimento do trato digestório/comprimento total do peixe).

205 O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos e
206 três repetições. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas
207 pelo teste t de Student (P).

208 Os parâmetros de qualidade da água do sistema de criação durante o período
209 experimental foram acompanhados e apresentaram os seguintes valores: temperatura ($25,0 \pm$
210 $0,5^\circ\text{C}$), amônia total ($0,50 \pm 0,09$ mg NH_3/L), nitrito ($0,2 \pm 0,24$ mg NO_2/L), alcalinidade
211 ($50,00 \pm 8,05$ mg CaCO_3/L), dureza ($85,70 \pm 25,50$ mg CaCO_3/L), pH ($7,5 \pm 0,51$) e
212 oxigênio dissolvido ($7,88 \pm 0,22$ ppm). Os parâmetros estão de acordo para a criação de
213 jundiás, conforme Baldisserotto & Radunz Neto (2004).

214

215 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

216 Os dados analíticos das amostras da semente de porongo *in natura* (SIN), sementes
217 desengorduradas (SD) e concentrado proteico (CPP), estão apresentados na Tabela 2. Pode-se
218 observar que o teor de extrato etéreo foi reduzido em cerca de 42% após os protocolos
219 realizados para a produção do concentrado proteico, o que possibilitou a obtenção de um
220 produto com maior digestibilidade *in vitro* e teor proteico. O teor de proteína bruta encontrado
221 no presente estudo (64,60%) se assemelha ao encontrado por Lovatto *et al.*, (2015), que ao
222 produzir um concentrado proteico de sementes de abóbora para jundiás, obteve 67% de PB
223 sendo comparada ainda no mesmo estudo à farinha de peixe, com mesma quantidade de
224 proteína.

225

226

227 **Tabela 2.** Composição centesimal, teores de fibra, rendimento, solubilidade proteica e
 228 digestibilidade *in vitro* da semente do porongo desengordurada e do concentrado proteico
 229 da semente do porongo

	Amostras		
	SIN ¹	SD ²	CPP ³
Proteína Bruta (%)	20,27 ± 0,53	34,01 ± 0,08	64,60 ± 1,05
Matéria seca (%)	94,60 ± 0,02	95,45 ± 0,06	95,28 ± 0,05
Matéria mineral (%)	2,94 ± 0,22	7,25 ± 1,26	2,66 ± 0,35
Extrato Etéreo (%)	30,48 ± 0,51	23,62 ± 0,74	17,59 ± 0,91
Fibra Total (%)	-*	39,92 ± 0,58	32,66 ± 1,12
Fibra Solúvel (%)	-*	20,40 ± 0,75	1,09 ± 0,72
Fibra Insolúvel (%)	-*	19,52 ± 0,25	31,57 ± 0,73
Rendimento (%)		72,51 ± 0,24	62,33 ± 1,18
Solubilidade Proteica (%)	36,30 ± 0,8	45,76 ± 7,25	5,26 ± 0,06
Digestibilidade <i>in vitro</i> (%)	28,97 ± 2,02	21,49 ± 5,05	68,10 ± 2,09

230 ¹Semente in natura; ² Semente Desengordurada; ³ Concentrado Proteico do Porongo

231 *Amostras com teor de extrato etéreo igual ou superior a 10% devem ser desengorduradas para análise de
 232 fibra alimentar (AOAC, 1995)

233

234 A composição centesimal das dietas e das fezes estão apresentadas na tabela 3. Foram
 235 observadas diferenças estatísticas na composição centesimal das rações (PB, EE e MM) e nas
 236 fezes (PB e EE). Na composição centesimal das fezes observou-se maior excreção de proteína
 237 bruta para os peixes que receberam a ração teste de semente do porongo. A excreção proteica
 238 em excesso não é desejada na aquicultura, uma vez que são depositados no meio de cultivo os
 239 principais produtos resultantes dos processos metabólicos pelos peixes, os compostos
 240 nitrogenados e fosforados. Estes compostos acarretam prejuízos tanto para o meio ambiente
 241 quanto para os animais (LAZZARI & BALDISSEROTTO, 2008).

242 Dentre as alternativas para reduzir a emissão desses poluentes está a combinação
 243 equilibrada dos ingredientes proteicos bem como uma adequada relação energia:proteína da
 244 dieta (NRC, 2011), pois os peixes assim como outros monogástricos alimentam-se para suprir
 245 suas necessidades energéticas (LOWELL, 1998).

246 O jundiá possui exigências proteicas elevadas, principalmente no que tange as fases
 247 iniciais. Em estudo, Piedras *et al.* (2006) observaram que alevinos de jundiá com peso médio
 248 de 0,704g obtiveram melhor desempenho produtivo quando alimentados com dietas contendo
 249 51% PB e 3.400 kcal/kg de energia digestível (ED), indicando que as necessidades de PB e

250 ED para a espécie seriam altas. Porém, esse estudo vai de encontro aos resultados observados
 251 em nosso ensaio pois ao realizar a análise bromatológica da dieta do porongo, esta apresentou
 252 valor de proteína bruta (47%) semelhante ao de Piedras *et al.* (2006) e cerca de 22% à mais
 253 que a dieta referência, sendo esse percentual de proteína atribuído ao concentrado proteico do
 254 porongo.

255 No ensaio biológico foi possível observar realmente maior desempenho dos animais,
 256 no entanto, como a excreção de compostos nitrogenados nas fezes também foi maior, pode-se
 257 inferir que alevinos de jundiás não necessitam de teores tão altos de PB na dieta, pois o
 258 excesso de proteína não foi aproveitado e sim lançado no meio ambiente.

259

Tabela 3. Composição centesimal das dietas e das fezes de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos às dietas.

	Dietas		
	DR	DCPP	Teste T (<0,05)
MS	95,95 ± 0,08 ^a	95,21 ± 0,61 ^a	0,522
MM	24,25 ± 0,34 ^a	17,77 ± 0,16 ^b	0,014
EE	8,08 ± 0,34 ^a	8,34 ± 0,75 ^b	0,000
PB	38,72 ± 0,98 ^a	47,43 ± 0,36 ^b	0,000
	Fezes		
MS	96,44 ± 0,03 ^a	96,51 ± 0,07 ^a	0,878
MM	51,99 ± 0,27 ^a	52,89 ± 0,27 ^a	0,951
EE	1,71 ± 0,10 ^a	2,5 ± 0,12 ^b	0,000
PB	10,67 ± 0,34 ^a	18,00 ± 0,72 ^b	0,000

260 MS: matéria seca; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta. Médias ± desvio padrão
 261 (n = 3)

262

263 Na Tabela 4 estão os apresentados os resultados de desempenho dos jundiás. Houve
 264 diferença estatística para o índice hepatossomático (IHS) e para consumo médio diário
 265 (CMD), ganho médio diário (GMD) além de conversão alimentar aparente (CAA). Segundo
 266 Dernekbayi, (2012), IHS é usado para avaliar possíveis alterações hepáticas causadas pela
 267 alimentação, sendo o fígado um órgão essencial para o bom funcionamento do metabolismo.

268 Os valores padrões para IHS estão na faixa de 1 e 2%, levando-se em consideração
 269 que ao observar um valor mais alto, infere-se que dieta causou algum problema nos peixes,
 270 principalmente no metabolismo de carboidratos e gorduras (MUNSHI & DUTTA, 1996). Em

271 situações em que alterações morfológicas resultam da mobilização endógena de lipídios,
272 proteínas e carboidratos, o IHS permite monitorar a dinâmica do uso de reservas de energia.
273 Dessa forma, valores mais altos de IHS em peixes alimentados com a DTP podem indicar
274 níveis mais altos de lipídios e glicogênio no fígado.

275 No GMD foi observada diferença significativa, porém salienta-se que esse maior
276 ganho de peso pode estar relacionado ao excesso de proteína da dieta. Apesar de ser um bom
277 resultado, do ponto de vista nutricional e econômico não é uma opção viável para produção de
278 peixes. Alguns estudos demonstram que o excesso de proteína aumenta o teor de lipídios na
279 carcaça dos peixes (CARNEIRO *et al.*, 1994; HENANDEZ *et al.*, 1995; ARARIPE &
280 OGAWA, 1996; ABIMORAD & CARNEIRO, 2007). Este fato não é desejável, em função
281 do desvio da principal função da proteína que é a produção de tecido magro.

282 Ademais, a utilização de proteína para produção de tecido adiposo provoca gasto
283 energético desnecessário, aumento das atividades enzimáticas envolvidas na síntese
284 gliconeogênica, elevando a excreção nitrogenada, que gera prejuízos tanto ao animal quanto
285 ao ambiente (SAAVEDRA *et al.*, 2009; FURUYA, 2007).

286 Sampaio (2000) e Cotan *et al.* (2006) afirmam que o consumo excessivo de proteínas
287 está ligado à redução da eficiência de utilização da proteína pelos peixes, uma vez que parte
288 desta proteína quando não utilizada na síntese proteica, é desviada para deposição na forma de
289 energia, lipogênese ou gliconeogênese, acarretando aumento na quantidade de extrato etéreo
290 muscular.) Os peixes, assim como os demais animais, necessitam de um correto balanço de
291 aminoácidos, caso contrário não conseguem aproveitar de forma eficiente a proteína fornecida
292 (AHMED & KHAN, 2004; YAMAMOTO *et al.* 2005).

293 Araripe *et al.* (2011) avaliando o desempenho e a composição muscular da carcaça de
294 alevinos de tambatinga através de níveis decrescentes de PB, observaram que a redução linear
295 da proteína bruta na ração provocou aumento da proteína muscular e redução do extrato

296 etéreo muscular. Atribuíram o maior teor de extrato etéreo muscular na carcaça dos animais
 297 alimentados com maiores níveis de PB ao excesso de proteína da dieta, que acarretou excesso
 298 de aminoácidos disponíveis, os quais ao serem catabolizados favoreceram a oxidação das
 299 cadeias de carbonos dos aminoácidos, proporcionando assim a formação de tecido adiposo.
 300

Tabela 4. Rendimento de carcaça, parâmetros de crescimento e índices digestivos dos jundiás (*Rhandia quelen*) alimentados com as dietas avaliadas

Parâmetros	Dietas		
	DR	DCPP	Teste T (<0,05)
CMD (g)	0,74 ± 0,01 ^a	0,99 ± 0,03 ^b	0,000
GMD (g)	0,63 ± 0,08 ^a	1,10 ± 0,09 ^b	0,003
RC (%)	85,17 ± 1,02 ^a	85,12 ± 0,95 ^a	0,534
CA	1.18 ± 0.12 ^a	0.90 ± 0.05 ^b	0,023
IDS (%)	2,79 ± 0,57 ^a	2,84 ± 0,44 ^a	0,936
IHS (%)	1,61 ± 0,32 ^a	1,78 ± 0,12 ^b	0,000
QI	0,86 ± 0,28 ^a	0,88 ± 0,23 ^a	0,651

301 CMD: consumo médio diário; GMD: ganho médio diário; RC: rendimento de carcaça; CA: conversão
 302 alimentar; IDS: índice digestivo-somático; IHS: índice hepato-somático; QI: quociente intestinal. Médias ±
 303 desvio padrão (n = 3).
 304

305 Na tabela 5 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente do
 306 ingrediente testado, o concentrado proteico do porongo (CPP). Os valores de CDA da
 307 proteína bruta para o CPP são semelhantes aos encontrados por Bergamin *et al.*, (2013) para o
 308 farelo de soja tratado (94,44%). O CDA para a PB igual a 92,41% foi semelhante aos
 309 encontrados para juvenis de pirarucu alimentados com níveis crescente de farelo de soja na
 310 dieta, onde foram encontrados teores de 92,3 a 94,9% para PB (CERDEIRA, 2016). Os
 311 resultados foram superiores para aqueles obtidos em outros estudos para outras espécies,
 312 como de Yang *et al.* (2011) para truta, onde os CDAs variaram de 88,49 a 89,6% e o de
 313 Corrêa (2016) para o dourado com o uso de CPS, encontrando para proteína bruta o
 314 percentual de 82,6%.

315 Pode-se presumir que com os resultados de CDA alcançados, o tratamento
 316 realizado para obtenção do concentrado proteico resultou também na extração de fatores
 317 antinutricionais e fez com que o produto atuasse de forma positiva sobre a fração proteína

318 bruta do ingrediente. A redução de fatores antinutricionais por fosforilação refletiu na
319 digestibilidade da proteína. O alto CDA da PB também pode ser atribuído à hidrólise parcial
320 da proteína e aminoácidos causada pelo procedimento de fosforilação química (MATHEIS *et*
321 *al.*, 1983). Porém, a alta concentração de fibra pode ter diminuído o coeficiente de
322 digestibilidade das demais frações, pois mesmo com alto CDA da proteína, um ingrediente
323 pode ter seu uso limitado pelo baixo aproveitamento de outras frações, o que pode ser
324 observado pelos CDA de MS e MO das dietas contendo o concentrado. O CDA da matéria
325 seca permite estimar a quantidade de resíduos excretados e liberados no ambiente, e pode ser
326 utilizado como ferramenta para medir o impacto ambiental na aquicultura (GUIMARÃES *et*
327 *al.*, 2012).

328 Ainda, a fibra contida no alimento tem influência na motilidade do deste pelo trato
329 digestório, alterando a velocidade de passagem, reduzindo a digestibilidade dos nutrientes,
330 aumentando a viscosidade da digesta e por consequência, reduz o desempenho dos animais
331 (MEURER & HAYASHI, 2003). No presente estudo pode ser observado que as sementes do
332 porongo tem em sua composição o teor elevado de fibras, o que pode ter colaborado para que
333 em os CDAs da matéria seca e matéria orgânica obtivessem índices mais baixos.

334 O aumento da viscosidade intestinal em função das fibras, o contato entre as enzimas
335 digestivas e o substrato é reduzido, o que acarreta perdas endógenas de nutrientes e diminui a
336 capacidade de absorção da mucosa, o que pode vir a ocasionar menor eficiência na digestão e
337 absorção de nutrientes (MORGADO *et al.*, 2009; BERGAMIN *et al.*, 2013). Para a MS o
338 valor do CDA igual à 66,66% embora considerado satisfatório, pois os animais tiveram um
339 bom desempenho, está abaixo dos valores recomendados na literatura, os quais variam de 70 a
340 75% para dietas consideradas de qualidade dentro da piscicultura (LIMA *et al.*, 2017).

341 O CDA do EE também se destacou positivamente neste estudo, obtendo alto índice de
342 digestibilidade. De acordo com Luzia & Jorge (2009), a qualidade e digestibilidade de óleos

343 vegetais comestíveis, como é o caso do óleo presente nas amêndoas das sementes do porongo,
 344 são determinadas pela quantidade e composição em ácidos graxos insaturados. Segundo
 345 estudo realizado por Santos *et al.*, (2014), as sementes do porongo possuem cerca de 77,6%
 346 de ácidos graxos insaturados, o que facilitaria a sua digestão pelos peixes, além de possibilitar
 347 uma menor produção do colesterol ruim (LDL), em função do perfil destes ácidos graxos.

348

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) do ingrediente avaliado

	CPP
CDA MS	66.667 ± 4,48
CDA MM	69.623 ± 6,04
CDA MO	63.057 ± 3,19
CDA PB	92.410 ± 0,67
CDA EE	86.983 ± 1,65

349 CDA MS: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDA PB: coeficiente de digestibilidade
 350 aparente da proteína bruta; CDA MM: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral; CDA
 351 MO: coeficiente de digestibilidade aparente da matéria orgânica; CDA EE: coeficiente de digestibilidade
 352 aparente do extrato etéreo

353

354 A sobrevivência dos animais foi de 100%. Atribui-se esse resultado às condições de
 355 criação em laboratório, o qual contou com constante monitoramento dos parâmetros físicos e
 356 químicos da água, bem como o manejo realizado, onde se preconiza o bem estar dos animais,
 357 com controle de temperatura, luminosidade e ruídos.

358 CONCLUSÃO

359

360 Os resultados encontrados neste estudo demonstram que a utilização do concentrado
 361 proteico de semente do porongo na alimentação dos jundiás pode ser considerada uma
 362 alternativa como fonte proteica de origem vegetal. Uma vez que possui índices satisfatórios
 363 de CDA, além disso, o desempenho dos animais alimentados com o ingrediente não tiveram
 364 seus desempenhos prejudicados.

365

366 Salienta-se, que mais estudos devem ser realizados para aprimorar as formas e os
 367 níveis de inclusão adequados deste ingrediente para cada espécie a ser trabalhada,
 promovendo um melhor aproveitamento da proteína e menor impacto no ambiente de cultivo.

368 Além de medidas de interesse nutricional, fontes de proteína de origem vegetal devem ser
 369 devidamente analisados para os fatores antinutricionais que na maioria das vezes são os
 370 principais fatores que limitam seu uso em alimentos aquáticos.

371

372 REFERÊNCIAS

373 ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus*
 374 *mesopotamicus*) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate
 375 levels. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.1-9, 2007.

376

377 AHMED, I.; KHAN, M.A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major
 378 carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, v.235, p.499-511, 2004.

379

380 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed.
 381 Arlington, 1137 p., 2000.

382

383 ARARIPE, M.N.B.A.; OGAWA, M. Influência de diferentes níveis de proteína e energia
 384 sobre o desempenho dos alevinos de tambaqui. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE
 385 BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1996, Fortaleza. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade
 386 Brasileira de Zootecnia, 1996. v.2, p.472-473.

387

388 BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação do jundiá**. Santa Maria: UFSM, 2004.
 389 232 p.

390

391 BERGAMIN, Giovani Taffarel et al. Digestibilidade aparente de farelos vegetais tratados para
 392 remoção de antinutrientes em dietas para jundiá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n.
 393 8, p. 928-934, 2013.

394

395 BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification.
 396 **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.
 397 Boletim do Instituto de Pesca, 31 (2), 171-174.

398

399 BREMER NETO, H. O método da s-difenilcarbazida na determinação espectrofotométrica do
 400 crômio (III) em fezes, após sua utilização como marcador biológico na forma de óxido de
 401 crômio (III): Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. 53p. 1999. Tese de Doutorado.
 402 Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista.

403

404 BREMER NETO, Hermann et al. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como
 405 marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 249-255, 2003.

406

407 CARNEIRO, D.J.; FRAGNITO, P.S.; MALHEIROS, E.B. Influence of carbohydrate and
 408 energy level on growth and body composition of tambacu, a hybrid of tambaqui (*Colossoma*
 409 *macropomum*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, v.124, p.129-130, 1994.

410

- 411 CERDEIRA, K. A. Uso da proteína do farelo de soja na dieta de juvenis de pirarucu
412 (Arapaima Gigas). Dissertação (Mestrado) – Universidade Nilton Lins, Programa de Pós
413 graduação em Aquicultura, Manaus – AM. p. 42, 2016.
414
- 415 CORRÊA, R. DE O. Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em
416 dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e dourados (*Salminus 28 brasiliensis*). Tese
417 (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. p. 104, 2016.
418
- 419 COTAN, J.L.V.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D. et al. Níveis de energia digestível e
420 proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**,
421 v.35, n.3, p.634-640, 2006.
422
- 423 DERNEKBAŞI, S., 2012. Digestibility and Liver Fatty Acid Composition of Rainbow Trout
424 (*Oncorhynchus mykiss*) Fed by Graded Levels of Canola Oil. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 410
425 12, 105-113. <http://doi.org/10.4194/1303-2712-v12i113>
426
- 427 DUTTA, Hiran M., e J. S. Datta-Mushi. *Morfologia de peixes*. Imprensa crc, 1996.
428
- 429 FOKOU, E. et al. Preliminary nutritional evaluation of five species of egusi seeds in
430 cameroon. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, v.4, n.1, p.1-11.
431 2004.
432
- 433 FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: SEMINÁRIO DE
434 AVES E SUÍNOS; SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 3.,
435 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, 2007. p.121-139.
436
- 437 GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FERNANDES, R. do N. Apparent
438 nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for
439 Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1801-1808, 2012. DOI:
440 10.1590/S1516-35982012000800001
441
- 442 GRANER, C. A. F. Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-
443 difenilcarbazida. **Botucatu: Universidade Estadual Paulista**, 1972.
444
- 445 HERNANDEZ, M.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on
446 the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. **Fisheries Science**, v.61,
447 n.3, p.507-511, 1995.
448
- 449 LAZZARI, Rafael; BALDISSEROTTO, Bernardo. Nitrogen and phosphorus waste in fish
450 farming. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2008.
451
- 452 LIMA, A. F. et al. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. Embrapa Pesca e Aquicultura,
453 2017.
454

- 455 LOVATTO, N. M. et al. Nutritional evaluation of phosphorylated pumpkin seed (*Cucurbita*
 456 *moschata*) protein concentrate in silver catfish *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, 1824),
 457 **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41:6, p. 1557-1567, 2015.
 458
- 459 Lovatto, N.M., Goulart, F.R., Loureiro, B.B., Adorian, T.J., Freitas, S.T., Pianesso, D.,
 460 Dalcin, M.O., Athayde, M.L., Silva, L.P., 2017. Effects of phosphorylated protein concentrate
 461 of pumpkin seed meal on growth and digestive enzymes activity of silver catfish (*Rhamdia*
 462 *quelen*). *Aquac. Nutr.*, 23, 201-209. <http://doi.org/10.1111/anu.50212381>
 463
- 464 LOVATTO, Naglezi de Menezes et al. Concentrado proteico fosforilado de semente de
 465 abóbora (*Cucurbita moschata*): otimização pela metodologia de superfície resposta e
 466 caracterização nutricional. *Cienc. Rural* [online]. 2020, vol.50, n.2, e20190093.
 467 Epub Mar 13, 2020. ISSN 0103-8478. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190093>
 468
- 469 LUZIA, D.M.M.; JORGE, N. Composição centesimal, potencial antioxidante e perfil dos
 470 ácidos graxos de sementes de jambolão (*Syzygium cumini* L.). *Revista Ciência Agronômica*,
 471 v.40, n.2, p.219-223, 2009. Disponível em: . Acesso em: 15 jan. 2010.
 472
- 473 MARIOD, A. A.; FATHY, S. F.; ISMAIL, M. Preparation and characterisation of protein
 474 concentrates from defatted kenaf seed, **Food Chemistry**, v. 123, p. 747–752, 2010.
 475
- 476 MERTZ, Edwin T. et al. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major
 477 cereals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 81, n. 1, p. 1-2, 1984.
 478
- 479 MATHEIS, Günter et al. Phosphorylation of casein and lysozyme by phosphorus
 480 oxychloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 2, p. 379-387, 1983.
 481
- 482 MEURER, Fábio; HAYASHI, Carmino; BOSCOLO, Wilson Rogério. Digestibilidade
 483 aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista**
 484 **Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1801-1809, 2003.
 485
- 486 MEYER, Gustavo; FRACALOSSO, Débora Machado. Protein requirement of jundiá
 487 fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, n. 1-
 488 4, p. 331-343, 2004.
 489
- 490 MOKRANE, Hind et al. Assessment of Algerian sorghum protein quality [*Sorghum bicolor*
 491 (L.) Moench] using amino acid analysis and in vitro pepsin digestibility. **Food Chemistry**, v.
 492 121, n. 3, p. 719-723, 2010.
 493
- 494 MONTES-GIRAO, Pamela J.; FRACALOSSO, Débora M. Dietary lysine requirement as basis
 495 to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of**
 496 **the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.
 497
- 498 MORGADO, Eliane; GALZERANO, Leandro. Fibra na nutrição de animais com fermentação
 499 no intestino grosso. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 7, p. 1-13,
 500 2009.
 501
- 502 MORR, C. V. et al. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility
 503 procedure. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 6, p. 1715-1718, 1985.
 504

- 505 Munshi, J.S.D., Dutta H.M., 1996. Fish Morphology: Horizon of New Research. Science
506 Publishers, 300p
507
- 508 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Fish**. Washington,
509 National Academy Press, 2011. 376p.
510
- 511 Piedras, S.R.N.,Morae, P.R.R.,Isoldi, L.A.,Pouey, J.L.O.F.,& Rutz, F. (2005). Comparação
512 entre o selênio orgânico e o inorgânico empregados na dieta de alevinos de jundiá (*Rhamdia*
513 *quelen*).
514
- 515 PRAJAPATI, R.P. et al. Phytochemical and pharmacological review of *Lagenaria siceraria*.
516 *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, v.1, n.4, p.266-272, 2010.
517
- 518 RADUNZ NETO et al. Nutrição do jundiá in: Barcellos, L.J.G. et al. (org.), Workshop sobre
519 jundiá história e perspectivas. Ed. Universidade de Passo Fundo, 266p. 2013.
520
- 521 SAAVEDRA, M.; POUSÃO-FERREIRA, P.; YÚFERA, M. et al. A balance amino acid diet
522 improves *Diplodus sargus* larval quality and reduce nitrogen excretion. **Aquaculture**
523 **Nutrition**, v.15, p.517-524, 2009.
524
- 525 Sampaio, A.M.B.; Kubtiza, F.;Cyrino, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do
526 tucunaré. *Scientia Agrícola*, v.57, n.2, p.213-219, 2000.
527
- 528 SANTOS, D.B. et al. Cobertura de solo e produção de porongo sob diferentes configurações
529 de cultivo. *Ciência Rural*, v.40, n.3, p.527-533, 2010.
530
- 531 SANTOS D. B. et al. Composição centesimal e perfil dos ácidos graxos de sementes de
532 porongo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.1, p.31-36, jan, 2014.
533
- 534 SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and
535 acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v. 38, p. 353- 356, 1946.
536
- 537 VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Carbohydrate
538 Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. Methods for Dietary
539 Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal
540 Nutrition, **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.
541
- 542 VERAS, Galileu Crovatto. Levels of protein and energy in diets for fingerlings of trairão
543 *Hoplias lacerdae*. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia e Manejo animal) -
544 Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
545
- 546 YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish
547 meal-based diets with low protein to energy ration improves the protein utilization in juvenile
548 rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* **Aquaculture**, v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.
549
- 550 YANG, Yu-Hong et al. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed
551 utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus*
552 *mykiss*). **Aquaculture International**, v. 19, n. 3, p. 405-419, 2011.

6. CONCLUSÃO GERAL

Os resultados de nosso estudo demonstraram que tanto a farinha de larvas de *Tenebrio molitor* quanto o concentrado proteico das sementes do Porongo possuem potencial nutricional para serem incluídos em rações para peixes, mais precisamente na nutrição do jundiá. Na busca por ingredientes proteicos alternativos na aquicultura, essas duas fontes não convencionais se apresentam promissoras, uma vez que apresentaram boa digestibilidade dos ingredientes e não prejudicaram o desempenho dos peixes nestes ensaios. Entretanto, vale ressaltar que há a necessidade de estudos mais detalhados, principalmente no que tange o uso das sementes de porongo. Por se tratar de um produto novo, de origem vegetal, o qual não são conhecidos os efeitos de seu uso à longo prazo, avaliações adicionais são necessárias afim de aprimorar as formas e os níveis de inclusão adequados destes ingredientes para cada espécie trabalhada e para as diversas fases de cultivo, promovendo assim melhor aproveitamento da proteína e dos demais nutrientes, e proporcionando menor impacto no ambiente de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.1-9, 2007.
- ACHU, M. B. et al. Chemical Characteristics and Fatty acid Composition of Cucurbitaceae Oils from Cameroon. In: **13th World Congress of Food Science & Technology 2006**. 2006. p. 26-26.
- AHMED, I.; KHAN, M.A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, v.235, p.499-511, 2004.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed. Arlington, 1137 p., 2000.
- ARARIPE, M.N.B.A.; OGAWA, M. Influência de diferentes níveis de proteína e energia sobre o desempenho dos alevinos de tambaqui. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1996, Fortaleza. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. v.2, p.472-473.
- AZZOLLINI D, DEROSI A, SEVERINI C (2016). Understanding the drying kinetic and hygroscopic behaviour of larvae of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) and the effects on their quality. *Journal of Insects as Food and Feed* 2: 233-243
- BAGHERI, T.; IMANPOOR, M. R.; JAFARI, V.; BENNETAU-PELISSERO, C. Reproductive impairment and endocrine disruption in goldfish by feeding diets containing soybean meal. *Animal Reproduction Science*, [s.l.], v. 139, n. 1-4, p.136-144, jun. 2013.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação do jundiá**. Santa Maria: UFSM, 2004. 232 p.
- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZNETO, J.; BARCELLOS, L. G. Jundiá (*Rhamdia sp.*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. 2. ed. Santa Maria: UFSM, 2010. p. 301-323.
- BERGAMIN, Giovani Taffarel et al. Digestibilidade aparente de farelos vegetais tratados para remoção de antinutrientes em dietas para jundiá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 928-934, 2013.
- BERGGREN, Åsa; JANSSON, Anna; LOW, Matthew. Approaching ecological sustainability in the emerging insects-as-food industry. **Trends in ecology & evolution**, v. 34, n. 2, p. 132-138, 2019.
- BIANCAROSA, I.; SELE, V.; BELGHIT, I.; ORNSRUD, R.; LOCK, E.J.; AMLUND, H. Replacing fish meal with insect meal in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) does not impact the amount of contaminants in the feed and it lowers accumulation of arsenic in the fillet. *Food Addit. Contam.* 2019, 36, 1191–1205

BIUDES, José Francisco Vicente; PEZZATO, Luiz Edivaldo; CAMARGO, Antonio Fernando Monteiro. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2079-2085, 2009.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, p. 911-917, 1959.

BOSCOLO, Wilson Rogério et al. Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 8-13, 2004.

BOSCOLO, Wilson Rogério et al. Nutrição de peixes nativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. supl. especial, 2011.

BOVERA, F. et al. Use of *Tenebrio molitor* larvae meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 639-647, 2016.

BOYD, C.E.; D'ABRAMO, L.R.; GLENCROSS, B.D.; HUYBEN, D.C.; JUAREZ, L.M.; LOCKWOOD, B.D.; Mc NEVIN, A.A.; TACON, A.G.J.; TELETCHEA, F.; TOMASSO Jr, J.R.; TUCKER, C.S.; VALENTI, W.C. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *J. World Aquac. Soc.*, 51, 578-633, 2020. <http://doi.org/10.1111/jwas.12714>

BREMER NETO, H. O método da s-difenilcarbazida na determinação espectrofotométrica do crômio (III) em fezes, após sua utilização como marcador biológico na forma de óxido de crômio (III): Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. 53p. 1999. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)–Universidade Estadual Paulista.

BREMER NETO, Hermann et al. Diminuição do teor de óxido de crômio (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 249-255, 2003.

BROGGI, J. A. et al. Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 2, p. 505-512, 2017.

CARNEIRO, D.J.; FRAGNITO, P.S.; MALHEIROS, E.B. Influence of carbohydrate and energy level on growth and body composition of tambacu, a hybrid of tambaqui (*Colossoma macropomum*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture**, v.124, p.129-130, 1994.

CAVENAGHI, D.F.L.C. et al. (2016). Caracterização físico-química e microbiológica de tenébrio (*Tenebrio molitor* L.) criado para consumo humano. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Gramado, RS.

CERDEIRA, K. A. Uso da proteína do farelo de soja na dieta de juvenis de pirarucu (Arapaima Gigas). Dissertação (Mestrado) – Universidade Nilton Lins, Programa de Pós graduação em Aquicultura, Manaus – AM. p. 42, 2016.

CHAALALA, Syrine; LEPLAT, Achille; MAKKAR, Harinder. 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.

CHEMELLO, G.; RENNA, M.; CAIMI, C.; GUERREIRO, I.; OLIVA-TELES, A.; ENES, P.; BIASATO, I.; SCHIAVONE, A.; GAI, F.; GASCO, L. Partially defatted *Tenebrio molitor* larva meal in diets for grow-out rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum): Effects on growth performance, diet digestibility and metabolic responses. *Animals* 2020, 10, 229.

CNA. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil, 2017. Ração é o principal insumo da produção aquícola. <https://www.cnabrazil.org.br/boletins/ativos-aquicultura>

CORRÊA, R. DE O. Substituição da farinha de peixe pelo concentrado proteico de soja em dietas para pacus (*Piaractus mesopotamicus*) e dourados (*Salminus 28 brasiliensis*). Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. p. 104, 2016.

COSTA, Sara Machado. **Proteínas de larvas de *Tenebrio molitor* (L., 1758): extração, caracterização e aplicação num produto alimentar**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de Lisboa (Portugal).

COTAN, J.L.V.; LANNA, E.A.T.; BOMFIM, M.A.D. et al. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.634-640, 2006.

CYRINO, J. E. P. **Condicionamento alimentar e exigências nutricionais de espécies carnívoras: desenvolvimento de uma linha de pesquisa**. 200p. Tese (Livre- Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

DALCIN, M. O. et al. Concentrado proteico de arroz na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 1, p. 306-314, 2018.

DE SILVA, S. S.; ANDERSON, T. A. *Fish Nutrition in Aquaculture*. St. **Edmundsbury Press, Great Britain**, v. 1, p. 319, 1995.

DERNEKBAŞI, S., 2012. Digestibility and Liver Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed by Graded Levels of Canola Oil. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 410 12, 105-113. <http://doi.org/10.4194/1303-2712-v12113>

DORTMANS, Bram et al. *Black soldier fly biowaste processing. A step-by step guide*, 2017. Dutta, Hiran M., e J. S. Datta-Mushi. *Morfologia de peixes*. Imprensa crc, 1996.

EINEN, O.; ROEM, A. J. Dietary protein/energy ratios for Atlantic salmon in relation to fish size: growth, feed utilization and slaughter quality. **Aquaculture Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 115-126, 1997.

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 (SOFIA) - Meeting the sustainable development goals. Rome: Food and Agriculture Organization, 2018, 227p.

FERREIRA, M.S. et al. Efeito da quantidade de proteína na dieta e treinamento físico sobre a hematologia, desempenho natatório, resistência ao estresse e composição do filé de matrinhã (*Brycon amazonicus*, Gunther 1869). *Acta Amazônica*, v. 43, n. 4, 2013.

FOKOU, E. et al. Preliminary nutritional evaluation of five species of egusi seeds in cameroon. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, v.4, n.1, p.1-11. 2004.

FONTES, T.V. et al. Digestibilidade de farinhas de insetos para alevinos de tilápia do Nilo. *Animals*, 9, 181, 2019.

FRACALOSSI, Débora Machado et al. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**, 2013.

FREI, Guilherme Rodrigo. Digestibilidade aparente de ingredientes proteicos de origem animal para o jundiá *Rhamdia voulezi*. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2015.

FREITAS, Luiz Eduardo Lima de et al. Relação energia| proteína em dietas práticas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*): digestibilidade e desempenho. 2015.

FURUYA, W.M. Redução do impacto ambiental por meio da ração. In: SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS; SEMINÁRIO DE AQUICULTURA, MARICULTURA E PESCA, 3., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA/CNPSA, 2007. p.121-139.

GASCO, L. et al. Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Insects to feed the world*. p. 14-17. 2014.

GASCO, L. et al. *Tenebrio molitor* meal in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles: Growth performance, whole body composition and in vivo apparent digestibility. *Animal feed science and technology*. v. 220, p. 3445. 2016.

GATLIN, D. M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, p. 551-579, 2007.

GLENCROSS, Brett D.; BOOTH, Michael; ALLAN, Geoff L. A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture nutrition**, v. 13, n. 1, p. 17-34, 2007.

GOMES, L. C.; GOLOMBIESKI, J.I.; GOMES, A.R.C.; BALDISSEROTTO, B. *Biologia do jundiá Rhamdia quelen (Teleostei, pimelodidae)*. *Ciência Rural*, v. 30, n. 1, p. 179- 185, 2000.

GRANER, C. A. F. Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida. **Botucatu: Universidade Estadual Paulista**, 1972.

GUILLAUME, L., et al. *Nutrition in feeding of fish and crustaceans*. Paris, Ed. Chichester, France, p.59 – 79, 2001

GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FERNANDES, R. do N. Apparent nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for Nile tilapia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, p.1801-1808, 2012. DOI: 10.1590/S1516-35982012000800001

HALVER, John E.; HARDY, Ronald W. Nutrient flow and retention. In: **Fish nutrition**. Academic Press, 2003. p. 755-770.

HASSAN, L. G. et al. Nutritional value of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) seeds. **Global Journal of Pure and Applied Sciences**, v. 14, n. 3, p. 301-306, 2008.

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175-194, 2002.

HEPHER, Balfour. **Nutrition of pond fishes**. Cambridge university press, 1988.

HERNANDEZ, M.; TAKEUCHI, T.; WATANABE, T. Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. **Fisheries Science**, v.61, n.3, p.507-511, 1995.

HONG, Jinsu; HAN, Taehee; KIM, Yoo Yong. Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. **Animals**, v. 10, n. 11, p. 2068, 2020.

JAHAN, Parveen et al. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental phosphorus loading. **Fisheries Science**, v. 69, n. 2, p. 219-225, 2003.

KINKELA, T. Utilisation des céréales et des oléagineux locaux au Congo. **La Poste récolte en afrique. Actes des séminaire international tenue a Abidjan, Cote d'Ivoire. AUPELF-UREF**, p. 203, 1990.

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.

KOCH, J.F.A.; ESPERANCINI, M.S.T.; BARROS, M.M.; CARVALHO, P.L.P.F.; FERNANDES JUNIOR, A.C.; TEIXEIRA, C.P.; PEZZATO, L.E. 2014. Avaliação econômica da alimentação de tilápias em tanques-rede com níveis de proteína e energia digestíveis. *Boletim do Instituto de Pesca*, 40(4): 605-616.

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.

LAVACH, Flávia et al. UTILIZAÇÃO DE LINHAÇA NA DIETA DE ALEVINOS DE JUNDIÁ (*RHAMDIA QUELEN*). **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 9, n. 2, 2017.

LAZZARI, R. et al. Diferentes fontes proteicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, 2006.

LAZZARI, Rafael; BALDISSEROTTO, Bernardo. Nitrogen and phosphorus waste in fish farming. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2008.

LEENHOUWERS, J. I. et al. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 111-116, 2006.

LIMA, A. F. et al. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017.

LINDEN, G.; LORIENT, D. **Bioquímica Agroindustrial**. Editoria Acribia S/A, 1996, 380 p.

LIRA, J. A. Avaliação da farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) na alimentação de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). 2015. p. 53. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Nilto Lins. 2015.

LOPES, Paulo RS et al. Desempenho de alevinos de jundiá *Rhamdia quelen* alimentados com diferentes níveis de energia na dieta. **Biodiversidade Pampeana**, v. 4, n. 1, 2006.

LOUREIRO, Bruno Bianch et al. Effects of rice bran protein concentrate on the growth performance and digestive enzyme activities of jundiá (*Rhamdia quelen*)(Quoy and Gaimard, 1824). **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 5, p. 1115-1123, 2019.

LOVATTO, N. M. et al. Effects of phosphorylated protein concentrate of pumpkin seed meal on growth and digestive enzymes activity of silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Aquaculture Nutrition** (Print), v. 22, 2016.

LOVATTO, N. M. et al. Nutritional evaluation of phosphorylated pumpkin seed (*Cucurbita moschata*) protein concentrate in silver catfish *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, 1824), **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 41:6, p. 1557-1567, 2015.

LOVATTO, N.M., GOULART, F.R., LOUREIRO, B.B., ADORIAN, T.J., FREITAS, S.T., PIANESSO, D., DALCIN, M.O., ATHAYDE, M.L., SILVA, L.P., 2017. Effects of phosphorylated protein concentrate of pumpkin seed meal on growth and digestive enzymes activity of silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquac. Nutr.*, 23, 201-209. <http://doi.org/10.1111/anu.50212381>

LOVATTO, Naglezi de Menezes et al. Concentrado proteico fosforilado de semente de abóbora (*Cucurbita moschata*): otimização pela metodologia de superfície resposta e

caracterização nutricional. *Cienc. Rural* [online]. 2020, vol.50, n.2, e20190093. Epub Mar 13, 2020. ISSN 0103-8478. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190093>

LOVATTO, Naglezi M. et al. Sunflower protein concentrate and crambe protein concentrate in diets for silver catfish *Rhamdia quelen* (Quoy and Gaimard, 1824): use as sustainable ingredients. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 4, p. 3781-3790, 2018.

LUNDSTEDT, L. M.; MELO, Jose Fernando Bibiano; MORAES, Gilberto. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 137, n. 3, p. 331-339, 2004.

LUZIA, D.M.M.; JORGE, N. Composição centesimal, potencial antioxidante e perfil dos ácidos graxos de sementes de jabolão (*Syzygium cumini* L.). *Revista Ciência Agronômica*, v.40, n.2, p.219-223, 2009. Disponível em: . Acesso em: 15 jan. 2010.

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, 133.

MALLEKH, R.; BOUJARD, Thierry; LAGARDÈRE, J. P. Evaluation of retention and environmental discharge of nitrogen and phosphorus by farmed turbot (*Scophthalmus maximus*). **North American Journal of Aquaculture**, v. 61, n. 2, p. 141-145, 1999.

MANCINI, S. Fratini F, Tuccinardi T, Turchi B, Nuvoloni R, Paci G (2019). Effects of different blanching treatments on microbiological profile and quality of the mealworm (*Tenebrio molitor*). *Journal of Insects as Food and Feed* 5: 225-234

MARIOD, A. A.; FATHY, S. F.; ISMAIL, M. Preparation and characterisation of protein concentrates from defatted kenaf seed, **Food Chemistry**, v. 123, p. 747–752, 2010.

MARTIN, F.W., 1984. Cucurbit Seed as possible of oil protein sources. Echo Technical note. Pp 1-5.

Mastoraki, M.; Mollá Ferrándiz, P.; Vardali, S.C.; Kontodimas, D.C.; Kotzamanis, Y.P.; Gasco, L.; Chatzifotis, S.; Antonopoulou, E. A comparative study on the effect of fish meal substitution with three different insect meals on growth, body composition and metabolism of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 2020.

MATHEIS, Günter et al. Phosphorylation of casein and lysozyme by phosphorus oxychloride. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 2, p. 379-387, 1983.

MELLENDEZ AREVALO, A. Formulação e avaliação físico-química e tecnológica de rações extrudadas para peixes. **Embrapa Agroindústria de Alimentos-Tese/dissertação (ALICE)**, 2019.

MELGAR-LALANNE, G; Hernández-Álvarez A.J; SALINAS-CASTRO, A. (2019). Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18: 1166-1191.

MERTZ, Edwin T. et al. Pepsin digestibility of proteins in sorghum and other major cereals. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 81, n. 1, p. 1-2, 1984.

MEURER, Fábio et al. Brown propolis extract in feed as a growth promoter of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 40, n. 5, p. 603-608, 2009.

MEURER, Fábio; HAYASHI, Carmino; BOSCOLO, Wilson Rogério. Digestibilidade aparente de alguns alimentos protéicos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1801-1809, 2003.

MEYER, Gustavo; FRACALOSSO, Débora Machado. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v. 240, n. 1-4, p. 331-343, 2004.

MOKRANE, Hind et al. Assessment of Algerian sorghum protein quality [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using amino acid analysis and in vitro pepsin digestibility. **Food Chemistry**, v. 121, n. 3, p. 719-723, 2010.

MONTES-GIRAO, Pamela J.; FRACALOSSO, Débora M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

MORGADO, Eliane; GALZERANO, Leandro. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 7, p. 1-13, 2009.

MORO, Giovanni Vitti et al. Dietary non-protein energy sources: growth, digestive enzyme activities and nutrient utilization by the catfish jundiá, *Rhamdia quelen*. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 3, p. 394-400, 2010.

MORR, C. V. et al. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v. 50, n. 6, p. 1715-1718, 1985.

MUNSHI, J.S.D., Dutta H.M., 1996. Fish Morphology: Horizon of New Research. Science Publishers, 300p

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient Requirements of Fish**. Washington, National Academy Press, 2011. 376p.

NOGALES-MÉRIDA, S. et al. Refeições de insetos na nutrição de peixes. *Comentários em Aquicultura*. v. 11, pág. 1080-1108, 2019. DOI: 10.1111/raq.12281

OCDE/FAO (2019). “OECD-FAO Agricultural Outlook”, estatísticas da OCDE sobre agricultura (banco de dados), <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>

OGUNBANJO, O.R., AWOTOYE, O.O., JAYEOBA, F.M., e JEMINIWA, S.M. (2016). Nutritional analysis of selected Cucurbitaceae species. *University Journal Plant Science*, 4(1), 1-3.

OJIAKO, O. A.; IGWE, C. U. Nutritional and anti-nutritional compositions of Cleome rutidosperma, Lagenaria siceraria, and Cucurbita maxima seeds from Nigeria. **Journal of medicinal food**, v. 10, n. 4, p. 735-738, 2007.

OLIVA-TELES, A. Nutrition and health of aquaculture fish. **Journal of fish diseases**, v. 35, n. 2, p. 83-108, 2012.

OLIVEIRA-FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 35, n. 4, p. 1581-1587, 2006.

PAUST, Felipe Batistella; LOURENÇO, Joana Bratz. Análise de resíduos de porongo visando o aproveitamento energético. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 18, n. 2, p. 377-388, 2017.

PEDRON, F. de A.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P. da; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIVERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, p.93-98, 2008. DOI: 10.1590/ S0100-204X2008000100012.

PEZZATO, L. E.; BARROS, M. M.; FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, José Eurico Possebon. Nutrição de peixes. In: *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*[S.l: s.n.], 2004.

PIANESSO, D. et al. Nutritional assessment of linseed meal (*Linum usitatissimum* L.) protein concentrate in feed of silver catfish. **Animal Feed Science and Technology**, p. 114517, 2020.

PICCOLO, G.; IACONISI, V.; MARONO, S.; GASCO, L.; LOPONTE, R.; NIZZA, S.; BOVERA, F.; PARISI, G. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Anim. Feed Sci. Technol.* 2017, 226, 12–20.

PIEDRAS, S.R.N., MORAES, P.R.R., ISOLDI, L.A., POUHEY, J.L.O.F., & RUTZ, F. (2005). Comparação entre o selênio orgânico e o inorgânico empregados na dieta de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*).

PORTZ, Leandro; FURUYA, W. M. Energia, proteína e aminoácidos. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, p. 65-77, 2012.

POTRICH, T. D. et al. Metodologia de criação de *Tenebrio molitor* em laboratório para obtenção de larvas. Passo Fundo (RS): Embrapa Trigo. Documentos Online, v. 82, 2007.

PRAJAPATI, R.P. et al. Phytochemical and pharmacological review of *Lagenaria siceraria*. *Journal of Ayurveda and Integrative Medicine*, v.1, n.4, p.266-272, 2010.

PURSCHE, B; BRÜGGEN, H; SCHEIBELBERGER, R; JÄGER, H. (2018). Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology* 244: 269-280

RADUNZ NETO et al. Nutrição do jundiá in: Barcellos, L.J.G. et al. (org.), Workshop sobre jundiá história e perspectivas. Ed. Universidade de Passo Fundo, 266p. 2013.

RADUNZ-NETO, J.; BORBA, M. R. Exigencias nutricionais e alimentação do jundiá, in: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. NUTRIAQUA: Nutriçã e alimentação de especies de interesse para a aquicultura brasileira. 1a edição 24 ampliada, Florianopolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquatica, 375 p. 2013.

REMA, Paulo et al. Graded incorporation of defatted yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet improves growth performance and nutrient retention. **Animals**, v. 9, n. 4, p. 187, 2019.

RODRIGUES, A. P. O. et al. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 18, p. 65-72, 2012.

SAAVEDRA, M.; POUSÃO-FERREIRA, P.; YÚFERA, M. et al. A balance amino acid diet imptoves *Diplodus sargus* larval quality and reduce nitrogen excretion. **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.517-524, 2009.

SAMPAIO, A.M.B.; KUBTIZA, F.;CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. *Scientia Agrícola*, v.57, n.2, p.213-219, 2000.

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

SANTOS D. B. et al. Composição centesimal e perfil dos ácidos graxos de sementes de porongo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.44, n.1, p.31-36, jan, 2014.

SANTOS, D.B. et al. Cobertura de solo e produção de porongo sob diferentes configurações de cultivo. *Ciência Rural*, v.40, n.3, p.527-533, 2010.

SANTOS, Daniela Batista dos; PETRY, Claudia; BORTOLUZZI, Edson Campanhola. Composição centesimal e perfil dos ácidos graxos de sementes de porongo. **Ciência Rural**, v. 44, p. 31-36, 2014.

SANTOS, Lilian Dena dos et al. Ácido linoléico conjugado (CLA) em dietas para tilápia-do-nilo: desempenho produtivo, composição química e perfil de ácidos graxos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1481-1488, 2007.

SHAFIQUE, L., ABDEL-LATIF, H. M., HASSAN, F. U., ALAGAWANY, M., NAIEL, M. A., DAWOOD, M. A., LIU, Q. (2021). The feasibility of using yellow mealworms (*Tenebrio molitor*): Towards a sustainable aquafeed industry. *Animals*, 11(3), 811.

SIGNOR, A. et al. Eventos reprodutivos do jundiá *Rhamdia voulezi* cultivado em tanques-rede. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 37, n. 3, p. 272-277, 2013.

SMITH, A. K.; JOHNSON, V. L.; BECKEL, A. C. Linseed proteins alkali dispersion and acid precipitation. **Industrial and Engineering Chemistry**, v. 38, p. 353- 356, 1946.

SOUSA, Nathã Costa de. Farinha de tenébrio (*Tenebrio molitor*) em dietas para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). 2021. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável). Universidade Federal do Paraná – UFPR.

STECH, Marcia Regina; CARNEIRO, Dalton José; JÚNIOR, João Martins Pizauro. Fatores que afetam a produção de enzimas digestivas em peixes e o uso de enzimas exógenas como ferramentas em nutrição de peixes. **Ensaio e Ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, v. 13, n. 2, p. 79-93, 2009.

TAKAHASHI, N. S. Associação Brasileira de Piscicultores e Pesqueiros (ABRAPESQ). **Nutrição de Peixes**. 2005.

TEIXEIRA, B.; MACHADO, C.C.; FRACALOSSO, D.M. 2010 Exigência proteica em dietas para alevinos do dourado (*Salminus brasiliensis*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(1): 33-38.

TUBIN, J. S. B. Farinha de insetos na alimentação de tilápias em sistema de bioflocos e recirculação de água. 2017. p. 97. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade do estado de Santa Catarina – UDESC.

VALDUGA, Eduardo. Caracterização morfológica e análise de compostos bioativos em acessos de variedades crioulas de Cucurbitaceae. Embrapa Clima Temperado-Tese/dissertação (ALICE), 2017.

VAN HUIS, Arnold et al. **Edible insects: future prospects for food and feed security**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Carbohydrate Methodology, Metabolism, and Nutritional Implications in Dairy Cattle. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition, **Journal of Dairy Science**, Campaign, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VERAS, Galileu Crovatto. Levels of protein and energy in diets for fingerlings of trairão *Hoplias lacerdae*. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia e Manejo animal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VIDAL JR., M. V.; DONZELE, J. L.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, L. C. 2004. Determinação da digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta do fubá de milho e do farelo de soja para tambaqui (*Colossoma macropomum*), utilizando-se técnicas com uso de indicadores internos e externos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 6: 2193-2200, (supl. 3).

VILELLA, L. M. Produção de insetos para o uso na alimentação animal. 2018. p. 69. Trabalho de conclusão de curso (Zootecnia). Faculdade federal do Rio Grande do Sul, Curso de Zootecnia. 2018.

WEILER, Katia Aparecida et al. Farelo de girassol em dietas com e sem suplementação de fitase para juvenis de jundiá *Rhamdia quelen*. 2016.

WILSON, Robert P. Amino acids and proteins. In: **Fish nutrition**. Academic press, 2003. p. 143-179.

YAMAMOTO, T.; SUGITA, T.; FURUITA, H. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ration improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* **Aquaculture**, v.246, n.1-4, p.379-391, 2005.

YANG, Yu-Hong et al. Effect of replacing fish meal with soybean meal on growth, feed utilization and nitrogen and phosphorus excretion on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture International**, v. 19, n. 3, p. 405-419, 2011.

YI, L.; VAN BOEKEL, M. A. J. S.; LAKEMOND, C. M. M. Extracting *Tenebrio molitor* protein while preventing browning: effect of pH and NaCl on protein yield. **Journal of Insects as Food and Feed**, v. 3, n. 1, p. 21-31, 2017.

YOGATA, Hiroshi; OKU, Hiromi. The effects of swimming exercise on growth and wholebody protein and fat contents of fed and unfed fingerling yellowtail. **Fisheries science**, v. 66, n. 6, p. 1100-1105, 2000.

ANEXO A: NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA CIÊNCIA RURAL

Preparação do manuscrito

Os artigos científicos, revisões e notas devem ser encaminhados via eletrônica e editados preferencialmente em idioma inglês. Os encaminhados em português poderão ser traduzidos após a 1º rodada de avaliação para que ainda sejam revisados pelos consultores ad hoc e editor associado em rodada subsequente. Entretanto, caso não traduzidos nesta etapa e se aprovados para publicação, terão que ser obrigatoriamente traduzidos para o inglês por empresas credenciadas pela Ciência Rural e obrigatoriamente terão que apresentar o certificado de tradução pelas mesmas para seguir tramitação na CR.

Tamanho do manuscrito

Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. O máximo de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras. Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que não poderão ultrapassar as margens e nem estar com apresentação paisagem.

Estrutura

O artigo científico (Modelo .doc, .pdf) deverá conter os seguintes tópicos: Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão ou resultados/discussão (juntos); Conclusão; Referências e Declaração de conflito de interesses. Agradecimento(s) e Apresentação; Contribuição dos autores; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.

Títulos

Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

Citações

As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

Referências

As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

Desenhos, gráficos e Fotografias

Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos, as figuras e os gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

Informações gerais

Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es). Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.

ANEXO B – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA BRASILEIRA DE SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL – RBSPA

Orientações gerais

Os artigos encaminhados para publicação são submetidos à aprovação do Conselho Editorial, com assessoria de especialistas da área (revisores ad hoc). Os pareceres têm caráter imparcial e sigilo absoluto, tanto da parte dos autores como dos revisores, sem identificação entre eles. Os artigos, cujos textos necessitam de revisões ou correções, são devolvidos aos autores e, se aceitos para publicação, passam a ser de propriedade da RBSPA. Os conceitos, informações e conclusões constantes dos trabalhos são de exclusiva responsabilidade dos autores. É necessário que as(os) autora(e)s possuem cadastro na ORCID.

Preparação e tamanho dos manuscritos

Os manuscritos devem ser redigidos na forma impessoal, espaço entre linhas duplo (exceto nas tabelas e figuras), fonte Times New Roman tamanho 12, em folha branca formato A4 (21,0 X 29,7 cm), com margens de três cm, páginas numeradas sequencialmente em algarismos arábicos, não excedendo a 20, incluindo tabelas e figuras (inclusive para artigos de revisão). As páginas devem apresentar linhas numeradas.

Citações

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al. (não-italico). Menciona-se a data da publicação que deverá vir citada entre parênteses, logo após o nome do autor. As citações feitas no final do parágrafo devem vir entre parênteses e separadas por ponto e vírgula, em ordem cronológica.

Tabela

Deve ser mencionada no texto como Tabela (por extenso) e refere-se ao conjunto de dados alfanuméricos ordenados em linhas e colunas. São construídas apenas com linhas horizontais de separação no cabeçalho e ao final da tabela. A legenda recebe inicialmente a palavra Tabela, seguida pelo número de ordem em algarismo arábico. O título da tabela deve ser formatado de maneira que, a partir da segunda linha, o texto se inicie abaixo da primeira letra do título e não da palavra Tabela. Ao final do título não deve conter ponto final.

Estrutura

Os artigos devem ser divididos nas seguintes seções: título, título em inglês, autoria, resumo, palavras-chave, summary, keywords, introdução, material e métodos, resultados e discussão, agradecimentos (opcional) e referências; Os títulos de cada seção devem ser digitados em negrito, justificados à esquerda e em letra maiúscula.

Título

Em português (negrito) e em inglês (itálico), digitados somente com a primeira letra da sentença em maiúscula e centralizados. Devem ser concisos e indicar o conteúdo do trabalho. Não ultrapassar 20 termos. A nomeação da(o)s autora(e)s deve vir logo abaixo do título em inglês. Digitar o último sobrenome em maiúsculo, seguido pelos pré-nomes (com apenas a primeira letra maiúscula) também por extenso e completo, separados por vírgula e centralizados. A cada autor deverá ser atribuído um número arábico sobrescrito ao final do sobrenome, que servirá para identificar as informações referentes a ele. Logo abaixo dos nomes dos autores, deverá vir justificada a esquerda e em ordem crescente a numeração correspondente, seguida pela afiliação do autor: Instituição; Unidade; Departamento; Cidade; Estado e País. Deve estar indicado o autor para correspondência com o respectivo endereço eletrônico.

Resumo e Abstract

Devem conter entre 200 e 250 palavras cada um, em um só parágrafo. Não repetir o título. Cada frase deve ser uma informação e não apresentar citações. Deve se iniciar pelos objetivos, breve metodologia, apresentar os resultados seguidos pelas conclusões. Toda e qualquer sigla deve vir precedida da explicação por extenso. Ao submeter artigos em outra língua, deve constar o resumo em português.

Palavras-chave e keywords

Entre três e cinco, devem vir em ordem alfabética, separadas por vírgulas, sem ponto final, com informações que permitam a compreensão e a indexação do trabalho. Não são aceitas palavras-chave que já constem do título.

Introdução

Deve conter no máximo 2.500 caracteres com espaços. Explicação de forma clara e objetiva do problema investigado, sua pertinência, relevância e, ao final, os objetivos com a realização do trabalho.

Material e Métodos

Não são aceitos subtítulos. Devem apresentar seqüência lógica da descrição do local, do período de realização da pesquisa, dos tratamentos, dos materiais e das técnicas utilizadas, bem como da estatística utilizada na análise dos dados. Técnicas e procedimentos de rotina devem ser apenas referenciados. Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente deve apresentar parecer de aprovação pelo Comitê de Ética e Biossegurança da instituição.

Resultados e Discussão

Os resultados podem ser apresentados como um elemento do texto ou juntamente com a discussão, em texto corrido ou mediante ilustrações. Interpretar os resultados no trabalho de forma consistente e evitar comparações desnecessárias. Comparações, quando pertinentes, devem ser discutidas e feitas de forma a facilitar a compreensão do leitor. As conclusões são obrigatórias, devem ser apresentadas ao final da discussão e não como item independente. Não devem ser repetição dos resultados e devem responder aos objetivos expressos no artigo.

Referências

Devem ser relacionadas em ordem alfabética pelo sobrenome e contemplar todas aquelas citadas no texto. Menciona-se o último sobrenome em maiúsculo, seguido de vírgula e as iniciais abreviadas por pontos, sem espaços. Os autores devem ser separados por ponto e vírgula. Digitá-las em espaço simples, com alinhamento justificado a esquerda. As referências devem ser separadas entre si (a separação deve seguir o caminho parágrafo/espacamento e selecione: depois seis pontos). O recurso tipográfico utilizado para destacar o elemento título será negrito e, para os nomes científicos, itálico. São adotadas as normas ABNT- NBR-6023 - agosto de 2002. No mínimo 70% das referências devem ser de artigos publicados nos últimos dez anos. Não serão permitidas referências de livros, anais, internet, teses, dissertações, monografias, exceto que seja justificada a sua inserção no artigo e desde que não exceda 30% do total.

Periódicos

Os títulos dos periódicos devem ser mencionados sem abreviações e em negrito. Não é necessário citar o local, somente o volume, o número, o intervalo de páginas e o ano.