

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DIETAS EXTRUSADAS E PELETIZADAS COM BAIXO E
ALTO NÍVEL DE LÍPIDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)**

ANDERSON FERREIRA SANTANA

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021

**DIETAS EXTRUSADAS E PELETIZADAS COM BAIXO E
ALTO NÍVEL DE LÍPIDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)**

ANDERSON FERREIRA SANTANA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláucia Aparecida Honorato da Silva
Co-Orientadora: Dr^a Erika do Carmo Ota

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências para conclusão do curso de
Engenharia de Aquicultura.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S232d Santana, Anderson Ferreira

DIETAS EXTRUSADAS E PELETIZADAS COM BAIXO E ALTO NÍVEL DE LÍPIDEOS
NA ALIMENTAÇÃO DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) [recurso eletrônico] / Anderson
Ferreira Santana. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Cláucia Aparecida Honorato da Silva.

Coorientadora: Erika do Carmo Ota.

TCC (Graduação em Engenharia de Aquicultura)-Universidade Federal da Grande Dourados,
2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

I. Efeito poupador de proteína. 2. Lípidos. 3. Nutrientes dietéticos. 4. Peixe nativo. 5. *Piaractus mesopotamicus*. I. Silva, Cláucia Aparecida Honorato Da. II. Ota, Erika Do Carmo. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**DIETAS EXTRUSADAS E PELETIZADAS COM BAIXO E
ALTO NÍVEL DE LÍPIDEOS NA ALIMENTAÇÃO DE PACU
(*Piaractus mesopotamicus*)**

Por

Anderson Ferreira Santana

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO DE AQUICULTURA

Aprovado em: 12 de novembro de 2021.



Prof. Dr. Cláudia Aparecida Honorato da Silva
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Me. Marcos Paiva Scardua
Membro da Banca – (IFCE-Aracati)



Prof. Dr. Dacley Hertes Neu
Membro da Banca – UFGD/FCA

“Qualquer caminho que você decida tomar, existe sempre alguém para te dizer que você está errado. Existem sempre dificuldades surgindo que te tentam a acreditar que as críticas estão corretas. Mapear um caminho de ação e segui-lo até o fim requer...coragem.”

(Ralf Waldo Emerson)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus, que me deu energia e benefícios para concluir todo esse trabalho.

A minha mãe, Andreia Aparecida Matos Ferreira, verdadeiramente a maior mestra da minha vida e que sempre acreditou em mim, encheu meu coração de amor e esperança com suas palavras de incentivo, otimismo e orgulho.

Ao meu pai, Fabio Araújo Gomes e as minhas irmãs, Ana Beatriz e Flavia Alexandra que sempre me incentivaram a continuar e não permitiram que eu desistisse, sem vocês a realização desse sonho não seria possível.

Aos meus queridos avós, Maria de Lourdes Jesus Santana e em memória de Otavio Serafim Santana, que me ensinou valores importantes e sempre foi meu maior exemplo de luta e determinação nessa vida.

A todos os meus amigos, que sempre estiveram torcendo por mim, pela compreensão das ausências e pelo afastamento temporário.

A Herika Hellen de Matos que nunca me negou apoio e incentivo, obrigado por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade.

A minha prezada e querida orientadora Prof^a. Dr^a. Claucia Aparecida Honorato da Silva pela dedicação, compreensão e amizade, manifesto aqui minha gratidão eterna por compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e sua experiência.

A minha coorientadora Erika do Carmo Ota, seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

Obrigado Universidade Federal da Grande Dourados pela oportunidade de fazer o curso de Engenharia de Aquicultura, agradeço por me oferecer professores incríveis, um ambiente de estudo saudável e estímulos para participar de atividades acadêmicas, me proporcionando a chance de expandir meus horizontes.

Muito obrigado a todos pelos ensinamentos e compreensão nesta etapa muito importante de minha formação.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| ABSTRACT..... | ix |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 11 |
| 2.1. <i>Piaractus mesopotamicus</i> | 11 |
| 2.2. Lipídeos | 11 |
| 2.3. Dietas Extrusadas e Peletizadas..... | 12 |
| 2.4. Metabolismo em peixes | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 14 |
| 3.1. Caracterização das dietas..... | 14 |
| 3.2. Ensaio 1 - Tempo de trânsito gastrointestinal | 15 |
| 3.3. Ensaio 2 - Crescimento..... | 16 |
| 3.4. Eficiência de Retenção de nutrientes | 16 |
| 3.5. Análises histológicas | 17 |
| 3.6. Análises estatísticas | 17 |
| 4. RESULTADOS | 17 |
| 4.1. Tempo de trânsito | 17 |
| 4.2. Ensaio de crescimento | 18 |
| 4.4. Análises histológicas | 20 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 21 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 22 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| FIGURA 1. Tempo de trânsito gastrointestinal no pacu alimentado com 4% (4) e 8% (8) de lipídeos e uso de dietas peletizadas (P) ou extrusadas (E). | 18 |
| FIGURA 2. Fator de condição do pacu alimentado com dieta peletizada ou extrusada e dois níveis lipídicos (4 e 8%). Letras distintas (comparação entre processamento - peletizadas ou extrusadas) reportam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). | 19 |
| FIGURA 3. Fotomicrografia de intestino anterior de juvenis de pacu submetidos às dietas peletizadas ou extrusadas com alto e baixo nível de lipídio. (A) Dieta P4; (B) epitélio da mucosa (ep) E4; (C) células caliciformes PAS/H 100x, P8; (D) células caliciformes PAS/H 100x, E8..... | 20 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|--|--------|
| TABELA 1. Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais. | 14 |
| TABELA 2. Desenvolvimento e eficiência de retenção de nutrientes de pacu..... | 19 |
| TABELA 3 - Avaliação histoquímico realizado no intestino anterior do pacu evidenciando a intensidade de reação do glicocálix. | 21 |

SANTANA, Anderson Ferreira. **Dietas Extrusadas e peletizadas com baixo e alto nível de lipídeos na alimentação de pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2021. 36p. Monografia (Graduação em Engenharia de Aquicultura) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processamento de dietas (peletização ou extrusão) com alto e baixos níveis de lipídeos no desenvolvimento, no tempo de trânsito da digestão, eficiência de retenção de nutrientes e adaptações histomorfológicas de *Piaractus mesopotamicus*. Foram utilizados realizados o ensaio de Tempo de trânsito gastrointestinal, Crescimento e eficiência de retenção de nutrientes em pacus submetidos a quatro dietas isoprotéicas ($22,1 \pm 0,7$ % de proteína digestível, PD) contendo dois níveis de lipídeos (4% ou 8%), e submetidas aos processos de peletização ou extrusão. Foram analisados segundo um experimento fatorial (2×2), com dois níveis de lipídeos (4 e 8%) e dois tipos de processamento da dieta (peletização e extrusão), em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e três repetições. Os dados foram analisados de acordo com o teste paramétrico ANOVA, seguidos de pós-teste de Tukey, admitindo-se $P < 0,05$ como nível de significância. Foram analisadas as características das dietas, os índices de crescimento, a eficiência de retenção dos nutrientes e da energia, o tempo de trânsito gastrointestinal e a histologia do intestino anterior. O processamento da dieta foi influenciado pelos níveis de lipídeos. O crescimento, a eficiência de retenção de nutrientes e a digestibilidade revelaram que o efeito poupador de proteína pelo lipídeo foi observado nas dietas extrusadas. O aumento de lipídeo, assim como o processamento aplicado às dietas, evidenciou adaptações na morfologia do trato digestório do pacu que resultaram em melhora da absorção dos nutrientes disponíveis. Conclui-se que dieta extrusada com 8% de lipídeo promovem melhores índices de crescimento, alta eficiência de retenção de lipídeos sem distúrbios gástricos.

Palavras-chave: Efeito poupador de proteína; Lipídeos; Nutrientes dietéticos; Peixe nativo; *Piaractus mesopotamicus*

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effect of diet processing (pelleting or extrusion) with high and low levels of lipids on the development, digestion transit time, nutrient retention efficiency and histomorphological adaptations of *Piaractus mesopotamicus*. Gastrointestinal transit time, growth and nutrient retention efficiency in pacu subjected to four isoprotein diets (22.1 ± 0.7 % digestible protein, DP) containing two levels of lipids (4% or 8%), and submitted to pelletisation or extrusion processes, were used. They were analyzed according to a factorial experiment (2 x 2), with two levels of lipids (4 and 8%) and two types of diet processing (pelletization and extrusion), in an entirely randomized design (DIC) and three repetitions. The data were analyzed according to the parametric ANOVA test, followed by Tukey post-test, assuming $P < 0.05$ as significance level. Diet characteristics, growth rates, nutrient and energy retention efficiency, gastrointestinal transit time and foregut histology were analysed. Dietary processing was influenced by lipid levels. Growth, nutrient retention efficiency and digestibility revealed that the protein-sparing effect of lipid was observed in the extruded diets. The increase in lipid, as well as the processing applied to the diets, evidenced adaptations in the morphology of the digestive tract of pacu that resulted in improved absorption of available nutrients. It is concluded that extruded diets with 8% lipid promote better growth rates, high efficiency of lipid retention without gastric disturbances.

Keywords: Protein-sparing effect; Lipids; Dietary nutrients; Native fish; *Piaractus mesopotamicus*

1. INTRODUÇÃO

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é considerado uma espécie migratória e de hábito alimentar onívoro (Souza et al., 2003). O interesse na produção e comercialização desta espécie ocorre devido à sua boa adaptação ao cativeiro, destacada taxa de crescimento, tecnologias de reprodução já estabelecidas e carne de excelente qualidade (Franco et al., 2013). Devido ao seu alto teor de gordura, cerca de 8 a 10% de lipídeos, o pacu é classificado como um peixe gordo (Fujimoto et al., 2007; Honorato et al., 2013).

A inclusão de lipídeo nas dietas de organismos aquáticos é uma das principais estratégias para otimizar a sua nutrição, visto que podem promover o efeito poupador de proteína (Campeche et al., 2018). A utilização de baixos níveis de lipídeos sem atender à exigência dos peixes pode resultar em diminuição dos índices de desenvolvimento (Campeche et al., 2018; De almeida et al., 2011a; Melo et al., 2016; Viaplana-marín; Fernández-borrás; Blasco, 2006). O aumento de lipídeos na dieta do pacu acarretou no efeito poupador de proteínas em estudo com dieta peletizada de baixo nível lipídico e 22% de proteína bruta digestível (Abimorad; Carneiro, 2007). No entanto atualmente temos a utilização de dietas extrusadas no mercado com maior digestibilidade de fontes de energia (Honorato et al., 2010) o que pode promover alteração no desenvolvimento dos peixes quando associados a fontes de lipídeos.

De uma forma geral a extrusão geralmente é utilizada na fabricação de dietas de organismos aquáticos (Mesquita; Leonel; Mischán, 2013) que tem como facilidade de manejo a fluabilidade para controle de consumo (Honorato et al., 2010). A peletização é um processo mais simples que pode ser utilizado como forma de agregar os alimentos promovendo uma gelatinização do amido superficial (Sørensen, 2012)

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do processamento de dietas (peletização ou extrusão) com alto e baixos níveis de lipídeos no desenvolvimento, no tempo de trânsito da digesta, eficiência de retenção de nutrientes e adaptações histomorfológicas de *Piaractus mesopotamicus*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. *Piaractus mesopotamicus*

Piaractus mesopotamicus é conhecido popularmente como pacu, nome típico do pantanal mato-grossense, na Região Sul e Sudeste do Brasil (Ferraz de Lima, 1988). É originário da Bacia do Rio Prata e do Pantanal do Mato Grosso (Petreiri Jr., 1989) e naturalmente distribuído na América do Sul. A espécie possui hábito alimentar onívoro e comportamento alimentar preferencialmente herbívora-frugívora (Abimorad & carneiro, 2004). Em função de sua composição corporal é classificado como um peixe gordo, contendo um alto teor de gordura, com cerca de 8 a 10% de lipídeos, o qual compõe uma das principais fontes de energia para os peixes (Viegas et al., 2008; Stech, 2010; Honorato et al., 2013).

Com base no seu hábito alimentar, é presumido que a espécie tenha habilidade especial na digestão e também na absorção de alimentos que são ricos em lipídeos (Dias-koberstein et al, 2005).

O cultivo do pacu possui grande potencial por conta das características de precocidade, rusticidade e também por sua carne saborosa e de alto valor comercial, apresentando bons resultados de crescimento e adaptação à alimentos artificiais que propiciam o sucesso da sua criação (Souza, 2003). Assim como a maior parte dos organismos aquáticos, o cultivo de *P. mesopotamicus* depende principalmente de alimentos artificiais e sua alimentação geralmente constitui a fração mais significativa nos custos operacionais das empresas de cultivo de peixes (Tacon, 1989). Isso torna os estudos sobre as exigências nutricionais das espécies aquáticas indispensáveis ao desenvolvimento da aquicultura.

2.2. Lipídeos

Os lipídios desempenham diversas funções: fonte de energia, estruturantes da membrana celular, precursores de moléculas bioativas e transportador para outros nutrientes (Garcia et al., 2012). A principal fonte de energia não proteica para os peixes são os lipídeos, particularmente os ácidos graxos livres derivados de gorduras e óleos (Tacon, 1989). A inclusão cuidadosa de fontes energéticas como lipídeos nas dietas está entre as principais estratégias para otimizar a nutrição de organismos aquáticos visto que podem promover o efeito poupador de proteína (Xu et al., 2019). Admite-se que espécies com hábito alimentar

onívoro, como o pacu, possam digerir e metabolizar lipídeos de forma eficiente para poupar proteína para o crescimento. O pacu é uma espécie que faz o processo de sintetização de maneira eficiente, usando lipídeos como fonte de energia, poupando assim a proteína dietética e melhorando a utilização desse nutriente para formação de tecidos musculares, processo este chamado de efeito poupador de proteína (Abimorad; Carneiro, 2004). De acordo com Bicudo, Abimorad; Carneiro (2012), a exigência do nível lipídico pela espécie varia em função do estágio de desenvolvimento e fonte lipídica (animal ou vegetal). Alves et al., (1999) constataram que juvenis de pacu (peso inicial de 29,7 g) apresentaram melhores ganho em peso, taxa de eficiência proteica e retenção de proteína quando alimentados com 7% de lipídios (de origem vegetal) na dieta.

Apesar do efeito benéfico da inclusão de lipídios na dieta, o pacu quando submetido às dietas com baixo conteúdo de proteína, apresenta baixos índices de crescimento, independente da relação entre fontes energéticas (lipídeos), indicando assim que esta espécie apresenta restrições para o efeito poupador de proteína (Abimorad; Carneiro, 2007). Contudo, níveis altos de inclusão na dieta influenciam diretamente no tempo de passagem de alimento pelo trato digestório, provocando aumento da excreção nos peixes, a outra limitação está na produção dos pellets, que devido a problemas de agregação da partícula, podem ser menos estáveis na água (Mayumeoshiro; Fraga; Honorato, 2012).

A fonte considerada preferencial de energia não proteica para os organismos aquáticos é o lipídeo, considerando que a digestão do carboidrato é baixa, levando em consideração a atividade amilohidrolítica da maioria das espécies aquáticas (De almeida et al., 2011b) podendo afetar o estado fisiológico dos peixes, especialmente a função hepática, por conta do aumento do acúmulo de lipídios nos hepatócitos (Zhou et al., 2020).

2.3. Dietas Extrusadas e Peletizadas

Para o processamento das dietas existem diversos tratamentos físicos e químicos que são utilizados, com o objetivo de conseguir melhorias no crescimento do animal (Faria et al., 2007).

A extrusão é constituída por uma combinação de umidade, temperatura, pressão e atrito mecânico, resultando em alterações físico-químicas reduzindo a partícula do ingrediente, ocorrendo a gelatinização do amido, e a inativação dos fatores não nutricionais (Cheng & Hardy, 2003). Para criar novas texturas e formatos, durante o processo de extrusão

ocorre a gelatinização do amido, cozimento, fricção molecular, esterilização e secagem da matéria prima, reestruturando-a.

O processo é iniciado pesando a matéria prima e misturando todos os ingredientes, em seguida, é encaminhada para o umidificador, e para chegar ao teor de umidade desejado adiciona-se água, posteriormente, a matéria prima é encaminhada para o extrusor por meio de uma rosca dosadora. Essa rosca sem fim força o material até a matriz da máquina, a temperatura se eleva durante esse processo, aumentando assim a pressão dentro do extrusor. Ao sair do canhão da extrusora a pressão diminui bruscamente e água se evapora de maneira instantânea provocando a expansão do material. O produto final e sua forma pode ser controlada pela força da matriz de saída. Após a extrusão, apesar de estarem totalmente cozidos, os pletes de ração devem passar por uma secadora para retirar toda a umidade (Yoshitomi, 2004).

Na extrusão, por ser um processo que demanda alta temperatura e curto tempo de residência, ocorre menor perda de nutrientes e o cozimento ajuda a melhorar a digestibilidade do produto por conta da desnaturação das proteínas e gelatinização do amido. Sendo assim, produtos extrusados possuem longa vida de prateleira sem refrigeração e se apresenta com uma baixa contagem de microrganismos e livres de patógenos e salmonelas.

A peletização é o processo de compactar de forma mecânica a ração no interior de uma câmara de prensagem. Esse papel é feito por rolos compressores que comprimem a mistura dos ingredientes por meio de orifícios existentes em um anel externo chamado matriz durante sua passagem pelo equipamento (Cian et al., 2017). A matéria prima que é utilizada no processo de peletização passa por um aquecimento com temperatura em torno de 120°, isso faz com que a temperatura da mistura se eleve para 50 a 60°C (Millán et al., 1987). Apresenta baixa incidência de desnaturação de proteínas com essa técnica e também a quelação de minerais e destruição de vitaminas, além de possibilitar a inclusão de altos níveis de lipídeos (Kubitza, 1998). O alimento se torna mais denso por conta da peletização, destrói organismos patogênicos, reduz a seletividade e segregação dos ingredientes e torna o alimento mais palatável, reduzindo pequenas partículas de pó presente, o que facilita a ingestão (Sørensen, 2012).

2.4. Metabolismo em peixes

O valor nutricional de uma dieta é avaliado principalmente através de um balanço adequado entre alimentos energéticos e proteicos (De Almeida et al., 2011b). A proteína

consumida pelos peixes pode ser utilizada em duas rotas metabólicas; uma via catabólica, produzindo energia para manutenção e uma via anabólica, principalmente para síntese de proteínas, onde a composição de aminoácidos na dieta é crucial (Honorato et al., 2010). Como o excesso de proteína não pode ser armazenado, normalmente os excedentes são direcionados para as vias catabólicas e os aminoácidos, desaminados ou descarboxilados são utilizados como fonte de energia no lugar dos lipídeos (Favero et al., 2020).

No geral os peixes tendem a oxidar aminoácidos mais eficientemente e preferencialmente transformá-los em glicose, isso ocorre porque a utilização de proteínas como energia é vantajosa para os peixes do ponto de vista nutricional, por produzirem mais energia livre com o mesmo equivalente em peso quando comparada ao catabolismo de carboidratos (Lui, 2016).

Segundo Halver; Hardy (2002) a facilidade dos peixes no catabolismo de proteína para fins energéticos está na possibilidade de excreção direta de amônia como produto final do metabolismo de nitrogênio. Desta forma, não ocorre gasto energético para sua eliminação na forma de um produto menos tóxico, também, a oxidação direta de aminoácidos evita o gasto energético da síntese de moléculas de estoque como glicogênio ou lipídeo, para subsequente utilização.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das dietas

Foram formuladas quatro dietas isoprotéicas ($22,1 \pm 0,7$ % de proteína digestível, PD) contendo dois níveis de lipídeos (4% ou 8%), e submetidas aos processos de peletização ou extrusão (TABELA 1)

TABELA 1. Formulação e composição bromatológica das dietas experimentais.

| Ingredientes (%) | Lipídeos (%) | |
|------------------------------------|--------------|------|
| | 4 | 8 |
| Farinha de peixe ^A | 10,4 | 10,4 |
| Farelo de soja ^B | 31 | 13 |
| Soja integral tostada ^C | 4,7 | 22 |
| Milho | 26,9 | 29,9 |

| | | |
|---------------------------------|--------|--------|
| Farelo de trigo | -- | 2 |
| Farinha de trigo | 6,5 | 8 |
| Quirera de arroz | 8,5 | 7 |
| Óleo de soja | 0,5 | 0,4 |
| Celulose microfina ^D | 10,5 | 6,3 |
| Mistura mineral -vitamínico* | 1 | 1 |
| <hr/> | | |
| Matéria seca | 89,5 | 89,5 |
| Proteína digestível** | 22,1 | 22,1 |
| Lipídeo | 4,0 | 8,0 |
| Carboidratos *** | 40,1 | 40,0 |
| Matéria mineral | 5,2 | 5,4 |
| Energia digestível (kcal/kg) ** | 2828,0 | 3204,6 |

^A – Composição em (%): 94,88 matérias seca, 28,87cinza, 5,53 lipídeos, 53,93 proteínas bruta e energia bruta 3833,0 kcal.kg⁻¹. ^B – 89,36 matérias seca, 5,17 cinza, 0,89 lipídeo, 45,99 proteínas bruta e energia bruta 4392,5 kcal.kg⁻¹. ^C – 94,45 matérias seca, 4,70 cinzas, 22,92 lipídeos, 37,06 proteínas bruta e energia bruta 5438,3 kcal.kg⁻¹. ^D – Celulose microfina RHOSTER Indústria e Comércio Ltda (Vargem Grande Paulista, SP, Brazil). Todos os ingredientes foram moídos em peneira com granulometria de 0,5mm.

*ROVIMIX PEIXE – Roche © Suplemento mineral e vitamínico, níveis de garantia por Kg do produto: Vitamina A 500.000 UI; Vitamina D₃ 200.000 UI; Vitamina E 5000 UI; Vitamina K₃ 15000 mg; Vitamina B₁ 1500 mg; Vitamina B₂ 4000 mg; Vitamina B₆ 1500 mg; Vitamina C 1500 mg; Ácido Fólico 500 mg; Ácido Pantotênico 4000 mg; Ácido Nicotínico 7000 mg; Biotina 50000 mcg; Inositol 1000 mg; Colina 40000 mg; Cobalto 10 mg; Cobre 500 mg; Ferro 5000 mg; Iodo 50 mg; Manganês 1500 mg; Selênio 10 mg; Zinco 5000 mg e Antioxidante 12500 mg.

** Digestibilidade dos ingredientes para o pacu de acordo com Abimorad & Carneiro (2004).

***carboidratos=material seca- (proteína bruta – lipídeo – matéria mineral).

O processamento de extrusão foi feito em equipamento Extrutek de rosca simples, com capacidade nominal de 10 kg/hora. O processamento por peletização ocorreu em peletizadora modelo de laboratório (Califórnia Pellet Mill). Os pellets foram confeccionados com diâmetro entre 1,2 e 1,5 mm e comprimento entre 1,5 e 3,0 mm.

3.2. Ensaio 1 - Tempo de trânsito gastrointestinal

Foram utilizados 180 juvenis de pacu (peso inicial $69,6 \pm 17,9$ g), distribuídos em nove caixas de fibro-cimento (1000 L), em sistema com aeração e fluxo contínuo de água. O ensaio de tempo de trânsito gastrointestinal (TTGI).

3.3. Ensaio 2 - Crescimento

Foram utilizados 120 alevinos de pacu com peso de $1,17 \pm 0,05$ g. Os peixes foram distribuídos em 12 aquários de 150 L em sistema com abastecimento contínuo de água e aeração constante através de compressor radial, com renovação de 20 vezes ao dia. A temperatura (29°C) e o oxigênio dissolvido ($5,6 \pm 0,42$ mg. l^{-1} .) foram monitorados diariamente; o pH ($7,4 \pm 0,1$), a alcalinidade ($5,6 \pm 0,42$ mg. l^{-1}) e a condutividade ($190,5 \pm 1,5$ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) semanalmente.

O ensaio foi conduzido por 90 dias, durante o qual os peixes foram alimentados três vezes ao dia até a saciedade. A cada 30 dias procedeu-se à biometria (peso e comprimento total) e ao final do período experimental foram avaliadas a sobrevivência. Os valores de desempenho foram calculados para cada unidade experimental:

Ganho em peso (GP) = (peso final - peso inicial)

Fator de condição (k) = peso /comprimento (“b” obtido através da equação alométrica da relação peso / comprimento ($y = ax^b$)).

Após o término do experimento três peixes de cada unidade experimental, perfazendo um total de nove peixes por tratamento, foram utilizados para retirada do trato gastrointestinal para o exame histopatológico seguido de histomorfometria.

3.4. Eficiência de Retenção de nutrientes

No início do ensaio de crescimento foram abatidos dez alevinos que não pertenciam aos tratamentos alimentares. Ao final do ensaio de crescimento, após jejum de 48 horas, foram amostrados nove exemplares de cada tratamento. Todos os peixes foram congelados e moídos, e o material foi seco a 105°C por 16 horas para análise bromatológica (AOAC, 2000).

A avaliação de eficiência de utilização de nutrientes e de energia das dietas foi realizada para cada unidade experimental, a partir das seguintes fórmulas:

- Eficiência de retenção de lipídeo (ER_{EE}) = $(EE_{FC} \times P_F) - (EE_{IC} \times P_I) \times 100/C_{EE}$
- Lipídeo no ganho em peso (EE_{GP}) = $(EE_{FC} \times P_F) - (EE_{IC} \times P_I) \times 100 / (P_F - P_I)$

Em que: EE_{FC} : nível de proteína bruta, energia bruta e lipídeo final na carcaça; EE_{IC} : nível de proteína bruta, energia bruta e lipídeo inicial na carcaça; C_{EE} : consumo de proteína bruta, lipídeo e de energia bruta. P_I , P_F : peso vivo inicial e peso vivo final.

3.5. Análises histológicas

Para as análises histológicas do intestino anterior, os órgãos retirados foram imersos em solução de Bouin por 24 horas e posteriormente lavados em álcool 70%. Após a fixação, os fragmentos foram desidratados, diafanizados e incluídos em parafina com polímero plástico Histosec® (Merck). A seguir, realizou-se a microtomia para obtenção de cortes de 2 a 5 µm de espessura, que foram corados com Hematoxilina-Eosina e pelo método histoquímico de PAS-H (Mcmanus, 1948). As análises microscópicas e a documentação do material foram realizadas em fotomicroscópio Olympus BX41. Foram mensurados no intestino anterior: quantidade de células caliciformes e espessura da parede. A intensidade da reação das células caliciformes no intestino, indicadas pela coloração PAS-H (Mcmanus, 1948; Ortiz-delgado et al., 2003), foi classificada como forte (+++), moderada (++) , fraca (+) ou ausente (-). A altura das vilosidades intestinais foi classificada como baixa (+), moderada (++) ou alta (+++) (Gawlicka et al., 1995; Hirji; courtney., 1982; Moretti et al., 2014; Tengjaroenkul et al., 2000).

3.6. Análises estatísticas

Os resultados foram analisados segundo um experimento fatorial (2 x 2), com dois níveis de lipídeos (4 e 8%) e dois tipos de processamento da dieta (peletização e extrusão), em delineamento inteiramente casualizado (DIC) e três repetições. Os dados foram analisados de acordo com o teste paramétrico ANOVA, seguidos de pós-teste de Tukey, admitindo-se $P < 0,05$ como nível de significância.

No estudo de tempo de trânsito gastrointestinal foi realizada a análise de regressão, em um esquema de parcela subdividida, tendo como tratamento principal as quatro dietas, e como tratamento secundário as horas que se procederam as coletas de fezes (6, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 h).

4. RESULTADOS

4.1. Tempo de trânsito

O tempo de trânsito gastrointestinal (TTGI) apresentou diferença apenas em relação ao processamento da dieta, sendo que as dietas extrusadas apresentaram média de tempo inferior comparado com as dietas peletizadas (**Erro! Fonte de referência não encontrada.1**).

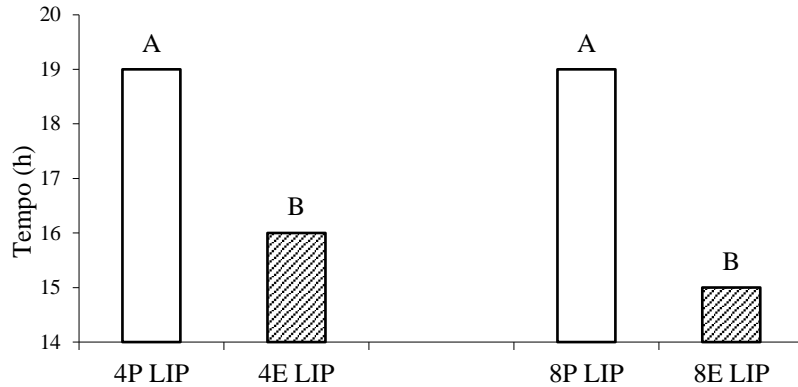


FIGURA 1. Tempo de trânsito gastrointestinal no pacu alimentado com 4% (4) e 8% (8) de lipídeos e uso de dietas peletizadas (P) ou extrusadas (E).

4.2. Ensaio de crescimento

O ganho em peso não diferiu entre os níveis lipídicos ou tipo de processamento da dieta, mas houve alteração no ganho em comprimento (TABELA 2). A interação dos fatores os peixes alimentados com dieta peletizada contendo 4% de lipídio (4P) e dieta extrusada com 8% de lipídio (8E) apresentaram maior ganho em peso e comprimento

A eficiência de retenção do extrato etéreo (ER_{EE}) e o extrato etéreo no ganho em peso (EE_{GP}) foram superiores nos animais que receberam a dieta com maior nível lipídico (8%) e com as dietas extrusadas (TABELA 2).

TABELA 2. Desenvolvimento e eficiência de retenção de nutrientes de pacu.

| | GPd (g) | GCd (cm) | ER_{EE} (%) | EE_{GP} (%) |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <i>Extrato Etéreo (%)</i> | | | | |
| 4 | 0,56±0,12 | 0,054±0,014 | 20,16±2,03 ^b | 20,14±2,04 ^b |
| 8 | 0,57±0,10 | 0,047±0,024 | 22,24±1,29 ^a | 22,23±2,05 ^a |
| Valor de F | 0,052 ^{ns} | 5,78* | 9,94** | 9,90** |
| <i>Processamento</i> | | | | |
| Peletização (P) | 0,59±0,08 | 0,60±0,02 | 20,22±2,59 ^b | 20,20±2,39 ^b |
| Extrusão (E) | 0,54±0,12 | 0,041±0,005 | 22,18±0,65 ^a | 22,17±0,65 ^a |
| Valor de F | 3,95 ^{ns} | 37,78 ** | 8,78 ** | 8,77 ** |
| <i>Interação</i> | | | | |
| 4P | 0,64±0,02 ^a | 0,05±0,02 ^a | 18,47±0,48 ^b | 18,45±0,45 ^b |
| 4E | 0,49±0,02 ^b | 0,03±0,004 ^b | 21,84±0,89 ^a | 21,83±0,88 ^a |
| 8P | 0,54±0,05 ^b | 0,06±0,001 ^a | 21,97±2,16 ^a | 21,95±2,16 ^a |
| 8E | 0,59±0,16 ^a | 0,06±0,005 ^a | 22,52±0,20 ^a | 22,50±0,20 ^a |
| Valor de F | 14,05** | 12,07** | 4,56 * | 4,57 * |

GPd = ganho em peso diário, GCd = ganho em comprimento diário, ER_{EE} = eficiência de retenção do extrato etéreo; EE_{GP} = extrato etéreo no ganho em peso. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Tukey, ns= não significativo; * = $P < 0,05$; ** = $P < 0,01$.

Os peixes alimentados com a dieta peletizada apresentaram fator de condição superior aos que receberam dietas extrusadas, independentemente do nível de lipídios (FIGURA 2).

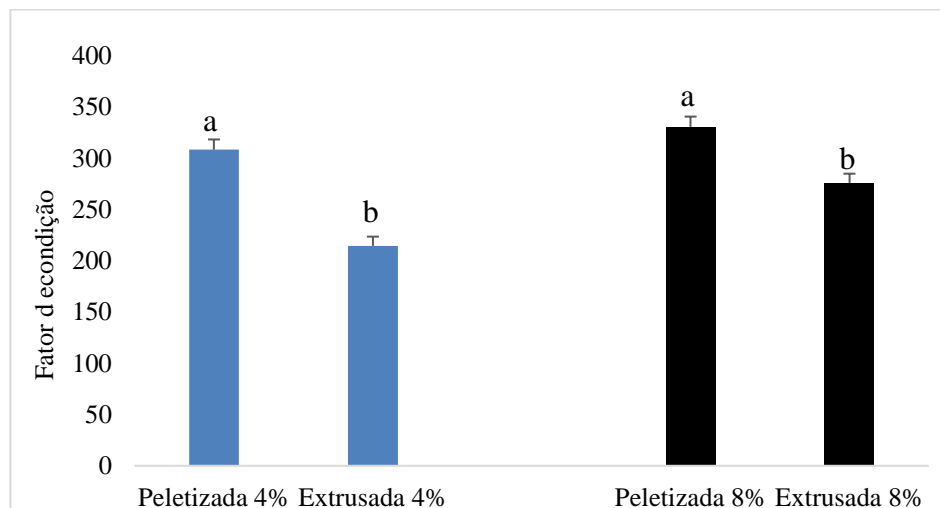


FIGURA 2. Fator de condição do pacu alimentado com dieta peletizada ou extrusada a dois níveis lipídicos (4 e 8%). Letras distintas (comparação entre processamento - peletizadas ou extrusadas) reportam diferença significativa pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.4. Análises histológicas

Os peixes que receberam as dietas contendo 4% de lipídeos obtiveram os menores números de células calciformes, enquanto nos animais alimentados com as dietas com 8% de lipídeos observou-se maior número de células calciformes (FIGURA 3. Fotomicrografia de intestino anterior de juvenis de pacu submetidos às dietas peletizadas ou extrusadas com alto e baixo nível de lipídio. (A) Dieta P4; (B) epitélio da mucosa (ep) E4; (C) células calciformes PAS/H 100x, P8; (D) células calciformes PAS/H 100x, E8.

Em dietas extrusadas e peletizadas, a alimentação dos peixes com 8% de lipídeos acarretou aumento da altura do epitélio. A espessura da parede intestinal foi maior nos peixes alimentados com dietas extrusadas. Não foi constatada diferença significativa para o diâmetro de luz intestinal (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

).

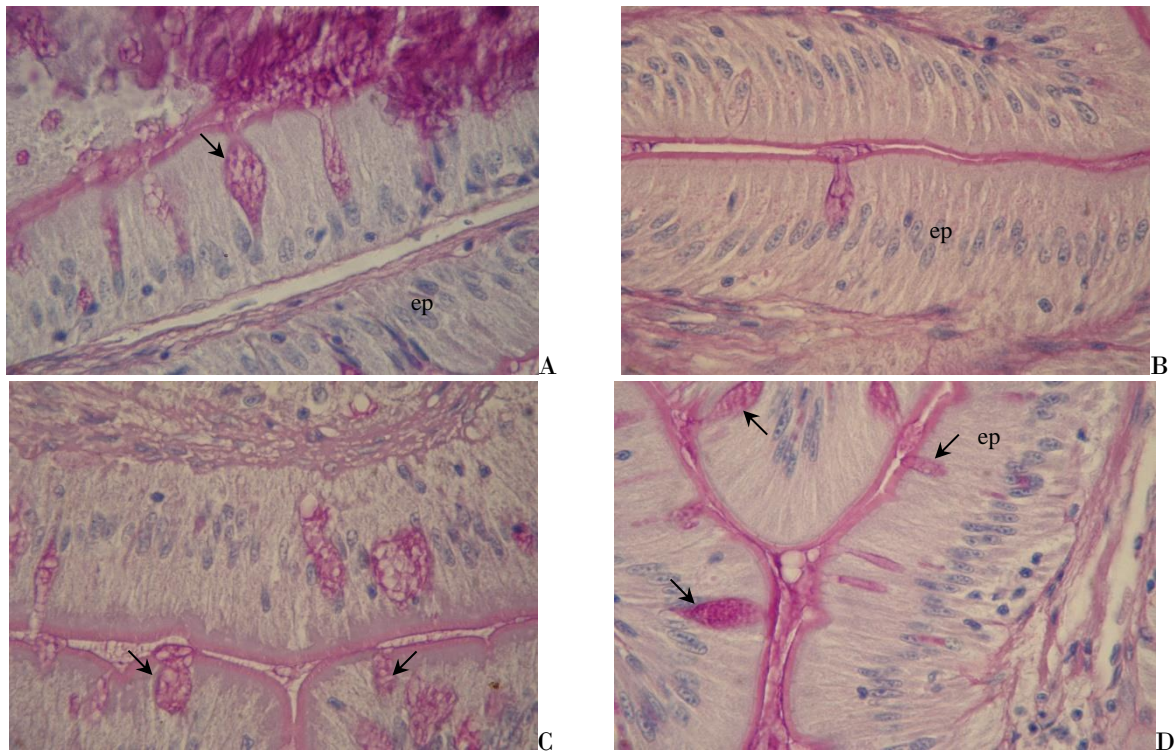


FIGURA 3. Fotomicrografia de intestino anterior de juvenis de pacu submetidos às dietas peletizadas ou extrusadas com alto e baixo nível de lipídio. (A) Dieta P4; (B) epitélio da mucosa (ep) E4; (C) células caliciformes PAS/H 100x, P8; (D) células caliciformes PAS/H 100x, E8.

Em dietas extrusadas e peletizadas, a alimentação dos peixes com 8% de lipídeos acarretou aumento da altura do epitélio. A espessura da parede intestinal foi maior nos peixes alimentados com dietas extrusadas. Não foi constatada diferença significativa para o diâmetro de luz intestinal (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

TABELA 3 - Avaliação histoquímico realizado no intestino anterior do pacu evidenciando a intensidade de reação do glicocálix.

| | | Espessura da parede | Diâmetro de luz | Altura do epitélio |
|-----------|----|--------------------------|-----------------|---------------------------|
| 4P | + | 16,07 ± 6,0 ^b | 2,45 ± 0,5 | 42,85 ± 11,2 ^b |
| 8P | ++ | 15,54 ± 2,8 ^b | 1,94 ± 0,2 | 47,10 ± 5,8 ^a |
| 4E | ++ | 25,46 ± 5,2 ^a | 1,40 ± 0,2 | 44,43 ± 12,1 ^b |
| 8E | ++ | 20,04 ± 5,6 ^a | 1,64 ± 0,1 | 49,74 ± 9,2 ^a |

Intensidade da coloração da borda escovada: (+) fraca; (++) média. P = peletizado, E = extrusado; 4 e 8 = níveis de lipídeos (%).

5. DISCUSSÃO

O tempo de trânsito tem consequências que estão diretamente ligados ao processamento aplicado às dietas. O processamento da dieta e sua influência na permanência do alimento no trato digestório do pacu teve como resultado em um tempo de trânsito gastrointestinal inferior nos peixes alimentados com as dietas extrusadas, provavelmente por estar associada a uma maior disponibilidade de nutrientes que foram provocados pela gelatinização do amido (Sørensen, 2012). Neste estudo, não foi observado nas dietas extrusadas diferença para inclusão de lipídeos da dieta o que demonstra que o nível utilizado não altera a taxa de passagem. A baixa permanência da digesta no trato digestório pode diminuir a absorção de nutrientes (Mayumeoishi; Fraga; Honorato, 2012).

No desenvolvimento dos peixes observou-se que as dietas com altos níveis de lipídeos promoveram respostas positivas. O efeito poupador de proteína por lipídeos pode ser observado quando a utilização de níveis elevados promove maior desenvolvimento (De Almeida et al., 2011a; Melo et al., 2016; Mohseni et al., 2013). Ressalta-se que as adaptações bioquímicas frente a maior disponibilidade energética pode ser percebida principalmente ao conjugar altos níveis de lipídeos em dietas extrusadas, consequência da maior disponibilidade do carboidrato (Cheng; Hardy, 2003; Sørensen, 2012).

A eficiência de retenção de lipídeo e na proporção de lipídeos no ganho em peso foram responsivas a quantidade de lipídeos na alimentação. Ressalta-se que o acúmulo de lipídeos na carcaça não é algo desejável na cadeia produtiva (Ma et al., 2016). Apesar do maior desenvolvimento dos peixes algumas estratégias podem ser adotadas para que esta reserva energética não se torne produto de deterioração do pescado e nem rejeição do produto para o consumidor final (Fantini et al., 2020).

Vários trabalhos demonstram a adaptação morfológica do intestino frente às variações nutricionais, dentre eles, *P. mesopotamicus* (Ostaszewska et al., 2005), *Ictalurus*

punctatus (Evans et al., 2005), *Rachycentron canadum* (Romarheim et al., 2008), *S. aurata* (Wassef; Shalaby; Saleh, 2007), e *Pagrus pagrus* (Schuchardt et al., 2008).

Os enterócitos do intestino anterior dos peixes têm habilidade de absorver lipídeos e proteínas. Portanto, o aumento da altura do epitélio, do número de células e da espessura da parede do intestino anterior são indícios de melhora na absorção. Estas alterações morfológicas foram observadas no intestino anterior dos pacus submetidos a dietas com alto conteúdo de lipídeo, independente do processamento.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que dieta extrusada com 8% de lipídeo promovem melhores índices de crescimento, alta eficiência de retenção de lipídeos sem distúrbios gástricos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101–1109, 2004.

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, n. 1, p. 1–9, fev. 2007.

ALVES, J.M.C. **Níveis de lipídios em dietas para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887)**. 1999. 57p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, Jaboticabal, 1999.

AOAC Associations of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists**. 18. ed. 2000.

BICUDO, A.J.A.; ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Exigências nutricionais e alimentação do pacu. In: FRACALOSSO, D.M.; CIRINO, J.E. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 217-230, 2012.

CAMPECHE, D. F. B. et al. Dietary protein:lipid ratio changes growth, digestive enzyme activity, metabolic profile and haematological parameters in hybrid surubim (*Pseudoplatystoma fasciatum* × *Leiarius marmoratus*). **Aquaculture Research**, v. 49, n. 7, p. 2486–2494, 2018.

CHENG, Z. J.; HARDY, R. W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture Nutrition**, v. 9, n. 2, p. 77–83, 2003.

CIAN, R.E.; BACCHETTA, C.; CAZENAVE, J.; DRAGOA, S.R. Optimization of single screw extrusion process for producing fish feeds based on vegetable meals and evaluation of nutritional effects using a juvenile *Piaractus mesopotamicus* model. **Animal Feed Science and Technology**, v. 234, p. 54–64, 2017.

DE ALMEIDA, L.C.; AVILEZ, I.M.; HONORATO, C.A.; HORI, T.S.F.; MORAES, G. Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. e253–e262, abr. 2011a.

DE ALMEIDA, L.C.; AVILEZ, I.M.; HONORATO, C.A.; HORI, T.S.F.; MORAES, G. Growth and metabolic responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) fed different levels of protein and lipid. **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. 253–262, 2011b.

DIAS-KOBERSTEIN, T. C. R.; CARNEIRO, D. J.; CRISCUOLO URBINATI, E. Tempo de trânsito gastrointestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes temperaturas de cultivo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 3, 20 mar. 2005.

EVANS, J.J.; PASNIK, D.J.; PERES, H.; LIM, C.; KLESIUS, P.H. No apparent differences

in intestinal histology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed heat-treated and non-heat-treated raw soybean meal, **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n.2, p.123-129, 2005.

FANTINI, L.E.; RODRIGUES, R.A.; HONORATO, C.A.; DOS REIS GOES, E.S.; JULIEN FERRAZ, A.L.; DE LARA, J.A.F.; HANSON, T.; CAMPOS, C.M. Resting time before slaughter restores homeostasis, increases rigor mortis time and fillet quality of surubim *Pseudoplatystoma* spp. **PLoS ONE** 15(5): e0233636.

FARIA, H. G.; STABILLE, S.R. Desempenho de ratos (*Rattus norvegiucus*) da linhagem Wistar em crescimento alimentados com dietas extrusadas e peletizadas. **Acta Scientiarum Biological Sciences.**, v. 29, p. 75-79, 2007.

FAVERO, G.C.; GIMBOA, R.Y.; MONTOYA, L.N.F.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. A fasting period during grow-out make juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) leaner but does not impair growth. **Aquaculture**, v. 524, p. 735242, 2020.

FERRAZ DE LIMA, J. A. Aspectos práticos da criação de pacu-guaçu Biologia e importância econômica do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) no Pantanal Mato Grossense. **ABRAPOA**, 1988.

FRANCO, M.L.R.S.; ABREU, B. B.; SACCOMANI, A. P. O.; VESCO, A. P. D.; VIEIRA, V.I.; MIKCHA, J. M. G.; GASPARINO, E.; DELBEM, A.C.B. Elaboración de cookies y galletas con inclusión de harina de pescado. **Infopesca Internacional**, v. 53, n. 1, p. 30-33, 2013.

FUJIMOTO, R.Y.; CASTRO, M.P.; HONORATO, C.A.; MORAES, F.R. Composição corporal e eficiência de utilização de nutrientes por pacus alimentados com ração suplementada com cromo trivalente, **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 42, n. 12, p. 1736-1768, 2007.

GARCIA, A.S.; GONÇALVES, L.U.; CAVALLI, R.O.; MACHADO, E.M. Lipídios. **Nutriaqua**: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. pp. 79-100. 2012.

GAWLICKA, A.; THE, S.J.; HUNG, S.S.; HINTON, D.E.; DE LA NOÛE J. Histological and histochemical changes in the digestive tract of white sturgeon larvae during ontogeny. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 14, n. 5, p. 357–371, out. 1995.

HALVER, J.E.; & HARDY, R. W. Nutrient flow and retention. In: HALVER, J. E. & HARDY, R. W. (eds). **Fish Nutrition**. 3 ed, Academic Press, p. 755-770, 2002.

HIRJI, K. N.; COURTNEY, W. A. M. Leucine aminopeptidase activity in the digestive tract of perch, *Perca fluviatilis* L. **Journal of Fish Biology**, v. 21, n. 6, p. 615–622, dez. 1982.

HONORATO, C.A.; ALMEIDA, L.C.; Da SILVA NUNES, C.; CARNEIRO, D.J.; MORAES, G. Effects of processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and lipids: The outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 16, n. 1, p. 91–99, 2010.

HONORATO, C.A.; NUNES, C.S.; CARRILHO, E.N.VM.; MORAES, G. Efeito do processamento de dietas com diferentes níveis de carboidratos e lipídeos sobre a composição corporal e perfil de ácidos graxos do filé do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Ciência**

Animal Brasileira, v. 14, n. 1, p. 49–58, 27 mar. 2013.

KUBITZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados**. Campo Grande, MS, p. 108.1998.

LUI, T. A. **Restrição alimentar para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2016. 48P. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus Toledo, PR, 2016.

MA, F.; LI, X.Q.; LI, B.A.; LENG, X.J. Effects of extruded and pelleted diets with differing lipid levels on growth, nutrient retention and serum biochemical indices of tilapia (*Oreochromis aureus* × *Tilapia nilotica*). **Aquaculture Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 61–71, 2016.

MAYUMEOSHIRO, F.; FRAGA, T. L.; HONORATO, C. A. TEMPO DE TRANSITO GASTROINTESTINAL DO PINTADO (*Pseudoplatystoma* spp.). **Journal of Agronomic Sciences**, v. 1, n. 2005, p. 128–138, 2012.

McMANUS, J.F.A. Histological and histochemical uses of periodic acid. **Stain Technology**, v.23, p. 99-108, 1948.

MELO, J.F.B.; LUNDSTEDT, L. M.; INOUE, L.A.K.; METÓN, I.; BAANANTE, I.V.; MORAES, G. Glycolysis and gluconeogenesis in the liver of catfish fed with different concentrations of proteins, lipids and carbohydrates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 5, p. 1251–1258, 2016.

MESQUITA, C. DE B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Effects of processing on physical properties of extruded snacks with blends of sour cassava starch and flaxseed flour. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 3, p. 404–410, 2013.

MILLÁN, L. M.; HERRERO, A. V.; GUERRERO, I. C. **Tecnología de fabricacion de piensos para la acuicultura**. In: MONTEROS, J. E. de los; LABARTA, U. Alimentacion em acuicultura. Madri: comisión assessora de investigación científica y técnica, p. 131-166, 1987.

MOHSENI, M.; POURKAZEMI, M.; HOSSENI, M.R.; HASSANI, M.H.S.; SUNGCHUL C. BAI, S.C. Effects of the dietary protein levels and the protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipenser persicus* (Borodin). **Aquaculture Research**, v. 44, n. 3, p. 378–387, 2013.

MORETTI, D. B., NORDI, W. M., CRUZ, T. M., CYRINO, J. E., & MACHADO-NETO, R. Histochemical distribution of intestinal enzymes of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fed lyophilized bovine colostrum. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 40, n. 5, p. 1487–1493, 14 out. 2014.

ORTIZ-DELGADO, J.B.; DARIAS, M.J.; CAÑAVATE, J.P; YÚFERA, M.; SARASQUETE C. Organogenesis of the digestive tract in the white seabream, *Diplodus sargus*. Histological and histochemical approaches. **Histol Histopathol** 18 1141-1154, 2003.

OSTASZEWSKA, T.; DABROWSKI, K.; PALACIOS, M.E.; OLEJNICZAK, M.; WIECZOREK, M. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins, **Aquaculture**, v.245, n.4, p.273-286, 2005.

PETRETERE JR., M. River fisheries in Brazil: a review. **Regulated Rivers Research & Management**, v.4, p.1-16, 1989.

ROMARHEIM, O. H.; ZHANG, C.; PENN, M.; LIU, Y. J.; TIAN, L. X. A.; SKREDE, KROGDAHL, A.; STOREBAKKEN, T. Growth and intestinal morphology in cobia (*Rachycentron canadum*) fed extruded diets with two types of soybean meal partly replacing fish meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 14, n. 2, p. 174-180, 2008.

SCHUCHARDT, D.; VERGARA, J.M.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, H.; KALINOWSKI, C.T.; HERNÁNDEZ-CRUZ, C.M.; IZQUIERDO, M.S.; ROBAINA, L. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings, **Aquaculture Nutrition**, v.14, n.3, p.1-9, 2008.

SØRENSEN, M. A review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods. **Aquaculture Nutrition**, v. 18, n. 3, p. 233–248, 2012.

SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; MARTINS, M.I.E.G.; SILVA, P.C. Evaluation of the Growth and Feeding Costs of Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) Submitted to Alternate Cycles of Feeding Restriction and Refeeding, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 19–28, 2003.

STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J.; CARVALHO, M.R.B. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 32, p. 255-262, 2010.

TACON, A. G. J. Nutricion y alimentacion de peces y camarones cultivados – Manual de capacitación FAO, Doc 4. Brasilia-DF, p. 136, 1989.

TENGJAROENKUL, B. et al. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture**, v. 182, n. 3–4, p. 317–327, fev. 2000.

VIAPLANA-MARÍN, I.; FERNÁNDEZ-BORRÁS, J.; BLASCO, J. Effects of the protein/carbohydrate ratio of extruded diets on protein synthesis, protein growth and body composition in juvenile brown trout (*Salmo trutta*). **Aquaculture International**, v. 14, n. 4, p. 337–353, 2006.

VIEGAS, E.M.M.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C.; MALHEIROS, E.B. Farelo de canola em dietas para o pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1987): efeitos sobre o crescimento e a composição corporal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.6, p. 1502-1510, 2008.

WASSEF, E.A.; SHALABY, S.H.; SALEH, N.E. Effect of dietary vegetable oils on health and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) growers, **Aquaculture Research**, v.38, n.8, p. 852-861, 2007.

XU, H.G.; LIAO, Z.B.; ZHANG, Q.G.; WEI, Y.L.; LIANG, M.Q. A moderately high level of dietary lipid inhibited the protein secretion function of liver in juvenile tiger puffer *Takifugu rubripes*. **Aquaculture**, v. 498, p. 17–27, 2019.

YOSHITOMI, B. Effect of extrusion cooking temperature on the microstructure of extruded

pellets. **Fisheries Science**, v. 70, p. 1157-1163, 2004.

ZHOU, Y.L.; GUO, J.L.; TANG, R.J.; MA, H.J.; CHEN, Y.J.; LIN, S.M. High dietary lipid level alters the growth, hepatic metabolism enzyme, and anti-oxidative capacity in juvenile largemouth bass *Micropterus salmoides*. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 46, n. 1, p. 125–134, 14 fev. 2020.