



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E
RECURSOS PESQUEIROS



GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES PARA USO EM DIETA EXTRUSADA NA
QUALIDADE FÍSICA DOS PÉLETES E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE TAMBAQUI
(*Colossoma macropomum*)

ARMANDO GOMES PRESTES

MANAUS- AMAZONAS

Abril, 2021

ARMANDO GOMES PRESTES

GRANULOMETRIA DOS INGREDIENTES PARA USO EM DIETA EXTRUSADA NA
QUALIDADE FÍSICA DOS PÉLETES E DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE TAMBAQUI
(*Colossoma macropomum*)

Orientadora: Ligia Uribe Gonçalves, Dra.

Co-Orientador: Luís Eugénio Castanheira da Conceição. Ph.D

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas-UFAM como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

MANAUS-AMAZONAS

Abril, 2021

Ficha Catalográfica

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

P936g Prestes, Armando Gomes
Granulometria dos ingredientes para uso em ração extrusada na
qualidade física dos péletes e desempenho zootécnico de tambaqui
(Colossoma macropomum) / Armando Gomes Prestes . 2021
41 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Ligia Uribe Gonçalves
Coorientador: Luís Eugênio Castanheira da Conceição
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Aquicultura. 2. Diâmetro geométrico médio. 3. Dieta. 4.
Moagem. 5. Processamento de ração. I. Gonçalves, Ligia Uribe. II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros

Ata da Defesa Pública da Dissertação de Mestrado do (a) senhor (a) **Armando Gomes Prestes**, aluno (a) do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Área de Concentração em Produção Animal, realizada no dia 01 de abril de 2021.

Ao primeiro dia do mês de abril de 2021, às 14h00 horas, por videoconferência, a partir da Plataforma Google Meet, devido a Pandemia da doença pelo SARS-COV-2 (COVID -19), realizou-se a Defesa Pública da Dissertação de Mestrado, intitulada “**Granulometria dos ingredientes para uso em ração extrusada na qualidade física dos péletes e desempenho zootécnico de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**”, do (a) aluno (a) **ARMANDO GOMES PRESTES**, como parte dos requisitos para a obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E RECURSOS PESQUEIROS**, área de concentração em **Produção Animal**. A Banca Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Doutor (a) Ligia Uribe Gonçalves (Presidente – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), Doutor (a) Jony Koji Dairiki (Membro – EMBRAPA) e Doutor (a) Juliana Tomomi Kojima (Membro – Universidade Nilton Lins). Após o fim da apresentação e da arguição pelos membros da Banca Examinadora, esta se reuniu e decidiu pela:

(x) **APROVAÇÃO**, devendo o (a) discente entregar a versão final no prazo de 30 dias sob pena de desligamento, conforme § 2º, § 3º e *caput*, Art.13, Res. nº 033/2014.

() **SUSPENSÃO DA SESSÃO**, devendo o (a) discente satisfazer, no prazo máximo de 60 dias, às exigências listadas na Folha de Modificação anexa ao Parecer, conforme §1º, art.13, Res. 033/ 2014.

() **NÃO APROVAÇÃO**, *caput* do art.13, Res. 033/2014.

A sessão foi encerrada e eu, Antônia da Costa Pereira, Secretária do PPG-CARP, lavrei esta Ata que depois de lida e aprovada será assinada pelos membros da Banca Examinadora e pelo discente.

Manaus (AM), 01 de abril de 2021.



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros

Banca Examinadora:

Doutor (a)

Dr. Ligia Uribe Gonçalves
(Presidente)

Doutor (a)

Dr. Jony Koji Dairiki
(Membro Titular)

Doutor (a)

Dra. Juliana Tomomi Kojima
(Membro Titular)

Ciência do Discente:

(Assinatura)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a DEUS, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante meus anos de estudo.

Sou grato a Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pela oportunidade ofertada em cursar Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP).

Ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (INPA), por me conceder estrutura e apoio durante toda minha pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pelo auxílio concedido para que pudesse ser realizada esta pesquisa.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A toda turma do Programa Pós-Graduação Ciência Animal (PPGCAN-2019), pelo companheirismo nesses dois anos de mestrado.

A minha família “GIGAS”, Ana Beatriz, Thiago, Dantas, Driely, Cláudia, Cesar, Amanda, Rosimery, Guto, Yugo, Elcimar, pela grande ajuda, força, amizade e risadas, durante esses dois anos de mestrado. Minha eterna gratidão.

Deixo registrado aqui, o meu reconhecimento, a minha gratidão a Professora Dra. Ligia Uribe Gonçalves, por ter desempenhado tal função com dedicação e amizade, pelos ensinamentos, paciência, confiança e oportunidade de trabalhar em sua equipe.

Ao Dr. Yugo Pastrana, pelas correções e ensinamentos, que foram fundamentais e me permitiram apresentar um melhor desempenho nessa pesquisa.

Aos técnicos e funcionários do INPA, em especial a Dona Fátima, Dona Inês e Dona Suzana, pela amizade, contribuição e nunca deixar faltar alimento em nossa mesa durante esses dois anos de mestrado.

E a todos que direta e indiretamente me ajudaram até aqui.

Serei para sempre grato.

E por último e não menos importante:

Agradeço em especial aos meus amados pais, Antônia Quintila Gomes Prestes e Cledilson da Silva Prestes, pelo amor, dedicação, apoio incondicional em todos os momentos e pelas palavras de incentivo. Aos meus amados irmãos, Cleane Gomes Prestes e Alfredo Gomes Prestes, pela amizade, companheirismo, e apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho. A Daiane Dias Albuquerque, minha namorada, amiga e companheira, que apesar da distância, sempre esteve ao meu lado me apoiando e incentivando para realização dessa conquista. A minha avó, América das Chagas de Oliveira Gomes, pelo amor, pelos valores de vida que carrego comigo, compreensão e apoio. A meus avós Pedro Godinho Gomes, Maria Luzinete da Silva Prestes, Paulo da Silva Prestes que mesmo ao lado do pai, estão dentro do meu coração e sempre presentes em minha memória e orações. Aos meus tios, em especial minha tia Marília, pela ajuda, compreensão e motivação. A toda minha família, que me incentivavam nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

Aos meus amigos ZOO, Danielly, Anselmo, Brenda, Eliena, Rosimery, France Ângelo, Kennedy, Manuel, Viviann, Armanda, Daniellen, Ana Rebeca, Thaianne, Márcia, Amanda, Daniel, Bruna Bárbara, Nuriely, Carlos Alexandre, Diego, entre outros, pela amizade e companheirismos. Aos meus queridos amigos e companheiras de longa data, Rainer, Marlon, Marleondes, Renan, Frank, Charles, Marcelo, pelos momentos de alegria e descontração.

*Aos meus pais, Antônia Quintila Gomes Prestes e Cledilson da Silva Prestes,
pelo incentivo, dedicação e paciência; e a todos que contribuíram
direto e indiretamente para que eu chegasse até aqui.*

Dedico

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas graças a DEUS,

não sou o que era antes”

Marthin Luther King

RESUMO

A granulometria dos ingredientes pode interferir nas características físico-químicas durante o processo de extrusão das rações, influenciando na qualidade física dos péletes e, conseqüentemente no aproveitamento dos nutrientes da ração pelos peixes. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar diferentes granulometrias de ingredientes na qualidade física de péletes de rações extrusadas e o seu impacto no desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Foram produzidas 3 dietas experimentais com a mesma formulação de ingredientes, porém a partir de diferentes granulometrias: 500; 700 e 1000 μm . Os péletes das rações experimentais foram extrusados em matriz de 3 mm e analisados quanto à umidade, densidade aparente, flutuabilidade, taxa de expansão, índice de solubilidade em água, índice de absorção de água, índice de durabilidade dos péletes, resistência a água e microscopia eletrônica de varredura. No experimento de desempenho zootécnico foram utilizados 375 juvenis de tambaqui ($31,18 \pm 0,27$ g), distribuídos em 15 tanques experimentais (1000L) na densidade de 25 peixes por unidade experimental, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) composto por três tratamentos (diferentes granulometrias da ração: 500; 700 e 1000 μm) e cinco repetições cada. O arraçoamento foi realizado quatro vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00, 17:00 horas) até aparente saciedade durante 56 dias. Foram avaliados os parâmetros zootécnicos: consumo de ração, consumo de proteína bruta, taxa de eficiência proteica, conversão alimentar aparente, ganho de peso, ganho de peso diário, peso final, comprimento final, taxa de crescimento relativo, fator de condição e sobrevivência. Os resultados dos testes físicos das rações com diferentes granulometrias dos ingredientes diferiram significativamente ($p < 0,05$) para umidade, densidade aparente, flutuabilidade, índice de absorção em água, índice de solubilidade em água e resistência a água. E todas as rações apresentaram a mesma taxa de expansão e índice de durabilidade dos péletes. No desempenho zootécnico os resultados não diferiram significativamente ($p < 0,05$) para consumo de ração, consumo de proteína bruta, taxa de eficiência proteica, conversão alimentar aparente, ganho de peso, ganho de peso diário, peso final, comprimento final, taxa de crescimento relativo, fator de condição e sobrevivência. Os índices biométricos (índices viscerossomático, hepatossomático e gordura viscerossomático) também não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$). Além disso, é possível observar similaridade entre os resultados, o que pode ter contribuído para o mesmo desempenho dos juvenis de tambaqui. Isso pode ser atribuído a uma proximidade média de tamanho entre as partículas dos ingredientes que foram submetidos às diferentes moagens. Recomenda-se que para a produção de juvenis de tambaqui seja utilizada a ração extrusada produzida com ingredientes moídos com a granulometria de 1000 μm por apresentar menor custo no processamento de moagem.

Palavras chaves: Aquicultura, Diâmetro geométrico médio, Dieta, Moagem, Processamento de ração.

ABSTRACT

The particle size of feedstuff can interfere on the physicochemical parameters during the aquafeed extrusion process, influencing the pellet physical quality and, consequently, in the nutrients utilization by the fish. Therefore, the present study aimed to evaluate different particle size of ingredients in the physical quality of pellets of extruded feed and its impact on the zootechnical performance of tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) juveniles. Three experimental diets were produced with the same formulation, with different particle sizes of the ingredients: 500; 700 and 1000 μm . The pellets of the experimental diets were extruded in a 3 mm die and analyzed for moisture, apparent density, buoyancy, expansion rate, water solubility index, water absorption index, durability index of the pellets, water resistance and scanning electron microscopy. For the zootechnical performance experiment, 375 tambaqui juveniles (31.18 ± 0.27 g) were housed in 15 experimental tanks (1000L) at the density of 25 fish per experimental unit, in a completely randomized design composed of three diets (different particle size of feedstuff: 500; 700 and 1000 μm) and five replicates each. Fish were fed four times a day (8:00, 11:00, 14:00, 17:00 h) until apparent satiety for 56 days. Zootechnical parameters: feed intake, crude protein intake, protein efficiency rate, apparent feed conversion, weight gain, daily weight gain, final weight, final length, relative growth rate, condition factor and survival were evaluated. The results of the physical tests of the feed pellets with different granulometry particle size of the ingredients differed significantly ($p < 0.05$) for moisture, apparent density, buoyancy, water absorption index, water solubility index and water resistance. And all the feed pellets presented the same expansion rate and durability index of the pellets. For the zootechnical performance, the results show that there were no significant difference ($p < 0.05$) for feed intake, crude protein intake, protein efficiency rate, feed conversion rate, weight gain, daily weight gain, final weight, final length, relative growth rate, condition factor and survival. Biometric index (viscerosomatic, hepatosomatic and viscerosomatic fat indices) also showed no statistical difference ($p > 0.05$). Furthermore, there were similarity between the results, which may have contributed to the same growth performance of tambaqui juveniles. This can be attributed to an average size of the particles of the ingredients that have been subjected to the different grindings. It is recommended the production of extruded feed from ground ingredients with particle size of 1000 μm for tambaqui juveniles for presenting lower cost in grinding processing.

Keywords: Aquaculture, Aquafeed processing, Diet, Geometric mean diameter, Grinding.

LISTA DE FIGURA

Figura 1. Exemplar de tabaqui.....	15
Figura 2. Dietas experimentais: A) Mistura 500 μm ; B) Mistura 700 μm ; C) Mistura 1000 μm ; D) Ração extrusada 500 μm ; E) Ração extrusada 700 μm ; F) Ração extrusada 1000 μm	22
Figura 3. Péletes expandidos das dietas experimentais: I) Ração 500 μm ; II) Ração 700 μm ; III) Ração 1000 μm	27
Figura 4. Micrografias em corte transversal dos péletes das rações testes: I) Ração 500 μm ; II) Ração 700 μm ; III) Ração 1000 μm	28

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Formulação e composição nutricional calculada das dietas experimentais.	21
Tabela 2. Indicadores da qualidade física das rações para juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.	27
Tabela 3. Desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com rações produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.....	30
Tabela 4. Índices biométricos de juvenis de tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) alimentados com rações produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.....	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Geral	14
2.2	Específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i> Cuvier, 1818).....	15
3.2	Moagem e granulometria dos ingredientes	17
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Local do experimento	20
4.2	Processamento das dietas experimentais	20
4.3	Propriedades físicas dos péletes.....	21
4.3.1	Umidade (U)	21
4.3.2	Densidade Aparente (DA).....	22
4.3.3	Flutuabilidade (F)	22
4.3.4	Taxa de Expansão (TE).....	22
4.3.5	Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA)	23
4.3.6	Índice de Durabilidade dos Péletes (IDP).....	23
4.3.7	Resistência a Água (RA).....	23
4.3.8	Microestrutura dos Péletes (MP)	24
4.4	Avaliação do desempenho zootécnico de juvenis de tambaquis alimentados com rações extrusadas elaboradas a partir de ingredientes com diferentes granulometrias.	24
4.4.1	Monitoramento da qualidade da água	25
4.4.2	Análise estatística	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
5.1	Testes físicos das rações com diferentes granulometrias dos ingredientes.....	26
5.2	Desempenho zootécnico	29
6	CONCLUSÃO	32
7	REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

O tambaqui é a espécie nativa mais produzida na piscicultura brasileira e, em 2018, sua produção totalizou 102 mil toneladas (IBGE, 2019). O avanço na criação do tambaqui nas diferentes regiões do Brasil é atribuído à facilidade de produção de juvenis, sua elevada rusticidade, produtividade e resistência a elevadas temperaturas, baixos níveis de oxigênio dissolvido na água e enfermidades (ARAÚJO-LIMA *et al.*, 2005; MENDONÇA *et al.*, 2009). É um dos peixes mais apreciados na Região Norte do país, tendo a cidade de Manaus o seu maior mercado consumidor, que junto com outros municípios da região metropolitana, absorvem 40 mil toneladas ao ano (SEPROR-AM, 2016), sendo que 90% dessa produção já são provenientes da piscicultura.

Na aquicultura, os custos com rações variam entre 30 e 60% do custo total de produção, podendo atingir até 85% em sistema intensivo (SCHNEIDER *et al.*, 2019). Assim, é preciso conhecer as exigências nutricionais e melhorar o processamento das rações que permitam a máxima resposta produtiva do tambaqui (DAIRIKI *et al.*, 2011). Nesse contexto, inovações em gerenciamento e tecnologias nas fábricas de rações são indispensáveis para que se alcance altos índices de produtividade animal (POLESE *et al.*, 2010).

Há décadas, os pesquisadores vêm estudando as necessidades nutricionais dos organismos aquáticos com as melhores combinações de matérias-primas, inclusão de aditivos e ingredientes alternativos nas rações para aquicultura. Porém, uma ótima formulação de ração pode ser prejudicada se o seu processamento for malconduzido, afetando diretamente o aproveitamento de nutrientes, diminuindo o desempenho zootécnico e poluindo a água pelo excesso de efluente. Os cuidados no processamento das rações desde a compra, seleção e recepção dos ingredientes, pesagem, mistura, moagem, peletização ou extrusão, secagem, ensaque e expedição garantirão a sua qualidade física, química e biológica (OLIVEIRA, 2016).

Em especial, a etapa de moagem é a responsável pela adequação da granulometria dos ingredientes das rações e o seu processamento é realizado em moinhos, onde as partículas de alimentos são quebradas em tamanhos menores através da força do impacto, corte ou atrito (COUTO 2008; WESENDONCK, 2012). A moagem dos ingredientes visa proporcionar uniformidade da mistura, que afetará a gelatinização do amido e adesão das partículas de ingredientes, dureza e densidade, os quais estão relacionados com a qualidade dos péletes e sua estabilidade na água (PEZZATO, 1995). Após o consumo do alimento, o adequado diâmetro geométrico médio (DGM) dos ingredientes durante a moagem, proporcionarão maior exposição

das partículas dos alimentos durante o processo digestivo pelos organismos aquáticos (POLESE, 2013), garantindo maiores coeficientes de digestibilidade e, conseqüentemente, maior produtividade. Por outro lado, a escolha inadequada da granulometria de moagem de ingredientes, pode acarretar maior consumo de energia elétrica nas fábricas de rações e, conseqüentemente, aumento do custo de produção (GENTELINI *et al.*, 2005).

Tendo em vista que a granulometria dos ingredientes pode afetar a produção de rações e conseqüentemente a produtividade da piscicultura, o objetivo com esse estudo foi fabricar rações a partir de diferentes granulometrias dos ingredientes para verificar sua influência na qualidade dos péletes, digestibilidade *in vivo* e desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

- Avaliar o efeito de diferentes granulometrias de ingredientes da ração na qualidade dos péletes e desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui.

2.2 Específicos

- Analisar as características físicas das rações extrusadas com diferentes granulometrias dos ingredientes para juvenis de tambaqui;
- Avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui alimentados com rações extrusadas com diferentes granulometrias de moagem dos ingredientes.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818)

O tambaqui é originário das bacias dos rios Amazonas e Orinoco, pertencente à classe *Osteichthyes*, ordem *Characiforme* e família *Serrasalminae*, sendo considerado o segundo maior peixe de escamas de água doce da América do Sul, podendo alcançar 100 cm de comprimento e 30 kg de peso corporal (ARAÚJO-LIMA *et al.*, 2005). O seu corpo é comprido e lateralmente alto, coloração escura, sendo amarelada no dorso e esbranquiçada na região do abdômen (Figura 1) (CLARO-JR, 2003; BALDISSEROTTO *et al.*, 2013). Possui rastros branquiais longos e numerosos, dentes robustos e presença de nadadeira adiposa (YAMAMOTO, 2004). É encontrado livremente na coluna d'água, sendo considerada uma espécie pelágica e abundante nos lagos e rios de águas brancas, claras e pretas da Região Amazônica (ISAAC; RUFFINO, 2000).



Figura 1. Exemplar de tambaqui.

Fonte: FARIAS A.B.S, 2021.

Em ambiente natural, os juvenis de tambaqui consomem animais invertebrados, pequenas frutas e sementes, sendo caracterizados como onívoros (BALDISSEROTTO *et al.*, 2013). Quando produzido em piscicultura com sistema intensivo, o tambaqui apresenta um bom desempenho zootécnico, e a utilização de rações balanceadas de acordo com as características da espécie é essencial para o sucesso da produção (RODRIGUES, 2014).

Atualmente, o tambaqui é produzido em diversas regiões do Brasil e do continente sul-americano devido ao crescimento e desenvolvimento da piscicultura (DAIRIKI *et al.*, 2011). A região Norte do Brasil é a maior produtora de tambaqui sendo o estado de Rondônia o maior produtor com aproximadamente 41 mil toneladas em 2018 (IBGE, 2019). Embora a baixa produção do Amazonas, apenas 6 mil toneladas no mesmo ano, o estado é o maior consumidor de tambaqui com consumo per capita de 17kg (CAMPOS *et al.*, 2015; IBGE, 2019).

A piscicultura faz parte do plano de desenvolvimento da Amazônia (SUDAM, 2019) e tem recebido atenção por parte do governo do estado do Amazonas para seu desenvolvimento e ascensão, sendo o tambaqui a principal espécie alvo. Oferecer rações com maior aproveitamento dos nutrientes a partir do adequado processamento pode ser uma das formas de contribuir para o crescimento da piscicultura do tambaqui.

A produtividade na piscicultura está correlacionada positivamente com a qualidade da dieta fornecida aos peixes (PEZZATO, 2005). Nos últimos anos, estudos vêm sendo realizados com o tambaqui para determinar suas exigências nutricionais, utilização de alimentos alternativos e econômicos, e formulação de ração completas para serem usadas nas diferentes fases de criação (DAIRIKI; SILVA., 2011).

A proteína é um macronutriente fundamental na dieta de peixe, pois a partir dela os animais podem obter os aminoácidos essenciais. Trabalho realizado com tambaqui na faixa de 1 a 30 gramas foi observado que 40% de proteína bruta proporcionou maior deposição de proteína corporal e maior produção de músculo (VAN DER MEER *et al.*, 1997). Outros dois estudos com juvenis de tambaqui (50 a 78 g), verificaram melhor deposição de proteína bruta na carcaça com concentração na dieta de 30 e 32% de proteína bruta (OISHI *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2010). Isso também pode ser observado com juvenis maiores de tambaqui (peso inicial 112g), alimentados com dietas contendo níveis decrescentes de proteína e lipídios, resultando em melhor desempenho com concentração em torno de 25 a 35% de proteína e 5 a 11% lipídios (ALMEIDA *et al.*, 2011).

As exigências de aminoácidos essenciais do tambaqui com base no perfil aminoacídico corporal para espécie foram descritas por Van Der Meer e Verdegem (1996). Foi observado com exceção dos valores obtidos para leucina e triptofano, que os demais aminoácidos ficaram dentro dos intervalos obtidos com ensaios de dose-resposta para outras espécies de peixe, mostrando-se uma estimativa válida para o tambaqui (AZEVEDO *et al.*, 2012).

A energia na dieta é fator determinante na eficiência da ração, uma vez que o teor de energia regula o consumo e seu excesso pode causar deposição excessiva de gordura nos peixes (CHO; KAUSHIK, 1990). Camargo *et al.* (1998) avaliaram dietas lipoprotéicas (24% PB) com níveis crescentes de energia metabolizável (2850, 3000, 3150 e 3300 Kcal de EM/Kg) para juvenis de tambaqui (30 a 180 g) e observaram que o maior desempenho e eficiência de deposição proteica foram obtidos ao nível de 3.300 Kcal/kg de energia digestível. Para juvenis de tambaqui de 125 g de peso inicial, foram obtidos melhores resultados de desempenho

zootécnico em animais alimentados com 30% PB e 3396 Kcal/Kg de energia digestível (VAN DER MEER, 1995).

A quantidade de fibra bruta pode interferir no aproveitamento de determinado alimento ou ração pelos peixes e níveis acima de 7% não são recomendados, mas para o tambaqui esses resultados não se aplicam (DAIRIKI; SILVA., 2011). Em estudo realizado referente ao conteúdo digestivo de tambaquis ao longo do ano observaram que o percentual de fibra no quimo manteve-se normalmente acima de 10% e chegou até 20% devido ao hábito alimentar dessa espécie, que está adaptada ao consumo de frutos e sementes na natureza (SILVA *et al.*, 2000).

Os estudos realizados com minerais e vitaminas para o tambaqui são escassos e de um modo geral, as rações comerciais utilizadas na criação de tambaqui são suplementadas com premix vitamínico e mineral (FRACALOSSO e CYRINO, 2013).

Até o momento, as pesquisas com o tambaqui estão mais direcionadas para atender suas exigências nutricionais. Por outro lado, poucos estudos avaliam o efeito de mudanças no processamento de rações sobre o aproveitamento dos nutrientes da dieta para o tambaqui. No processamento de rações a etapa da moagem é muito importante em uma fábrica de ração, pois é responsável pela adequação do tamanho das partículas dos alimentos que compõe a ração (COUTO, 2008). Esse processo pode alterar as propriedades físicas e químicas dos ingredientes, e assim, influenciar na qualidade do pélete, digestibilidade e desempenho dos animais (BOOTH *et al.*, 2000). A determinação de tamanhos adequados de partícula dos alimentos para a confecção das rações levaria ao melhor aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente, à redução de custos, assim como à menor excreção de resíduos ao meio ambiente (GENTELINI *et al.*, 2005).

3.2 Moagem e granulometria dos ingredientes

Na fábrica de ração, o setor de moagem é responsável pela redução da granulometria dos ingredientes (POLESE, 2013). A granulometria dos ingredientes é determinada por meio do Diâmetro Geométrico Médio (DGM), podendo variar de acordo com o tamanho dos furos da peneira usada no moinho (FLEMMING *et al.*, 2002). E o intervalo de variação no tamanho destas partículas é representado pelo Desvio Padrão Geométrico (DPG) (ZANOTTO *et al.*, 1996).

O principal objetivo da moagem, do ponto de vista zootécnico, é o de produzir com eficiência e economia uma mistura que satisfaça adequadamente os processos posteriores da

produção de rações, melhorando a homogeneidade da mistura e proporcionando um pélete de boa qualidade. Diferentes granulometrias de moagem dos ingredientes interferem desde a aparência dos péletes até alteração da durabilidade, densidade e flutuabilidade das rações na água (POLESE, 2013). Durante o processo de extrusão da ração, os ingredientes moídos em menor granulometria apresentam maior área de superfície, garantindo maior contato entre suas partículas, o que resulta no aumento da força de adesão entre as moléculas (BEHNKE, 2005), na melhora do rendimento do processamento hidrotérmico e proporciona maior gelatinização do amido (HILCKO *et al.*, 2009). Assim, os péletes apresentam melhor estabilidade na água (KUBITZA, 2000) e menor lixiviação de nutrientes (PEZZATO, 1999). Ingredientes ou mistura de ingredientes moídos em granulometrias maiores podem tornar os péletes mais frágeis, devido a menor integridade física entre as partículas dos ingredientes, podendo assim causar rupturas (MENDEZ *et al.*, 2008).

O custo do processamento de moagem pode representar de 30 a 50% do consumo de energia elétrica da produção para rações peletizadas e fareladas, pois diferentes granulometrias alteram a produção e a produtividade nas fábricas de rações (AMERAH *et al.*, 2007). A redução do tamanho de partícula de 900 µm para 300 µm, aumenta em 5 vezes o consumo de energia e reduz em quase três vezes a quantidade produzida no mesmo período, evidenciando o fato de que quanto menor o tamanho de partícula desejado, maior é o custo para sua obtenção (HEALY *et al.*, 1994).

Por outro lado, a granulometria de moagem interfere na digestibilidade dos animais, pois menores partículas dos ingredientes são digeridas a taxas mais rápidas, pois aumentam a exposição dos alimentos à ação de enzimas digestivas, apresentando maior área de superfície exposta por volume de tecido, aumentando assim a digestão e absorção de nutrientes (BUXTON; REDFEARN 1997). A produção de ração a partir de ingredientes de maior granulometria aumenta a taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal e causa menor relação da superfície de contato das partículas dos ingredientes com as enzimas digestivas, acarretando menor eficiência da digestão dos alimentos pelos animais (MEURER *et al.*, 2005).

Juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887) apresentaram melhor desempenho zootécnico quando alimentados com péletes 2 mm produzido com milho com granulometria de 150 µm quando comparado com granulometrias maiores 850, 710, 500, 300, µm (POLESE *et al.*, 2010). A utilização de menor granulometria dos ingredientes aumentou a eficiência da digestão que é influenciada pela superfície de exposição dos alimentos às

secreções digestivas bem como pelo tempo de passagem no trato gastrintestinal. Porém, vale ressaltar que esse estudo foi realizado com ração peletizada, confeccionadas em moedor de carne sem aquecimento, cozimento do amido e expansão do pélete.

Durante o processo de peletização a ração é submetida à temperatura, umidade e pressão em menor intensidade que o processo de extrusão, resultando em um menor grau de cozimento. Quando confrontada com o processo de extrusão, a peletização apresenta desvantagens, devido possibilitar menor gelatinização do amido, desnaturação de proteínas e inativação de fatores anti-nutricionais (ALONSO *et al.*, 2000; CHENG; HARDY, 2003). Isso reflete em menores mudanças físicas e químicas dos ingredientes, podendo diminuir a qualidade da ração, a digestibilidade dos ingredientes e piora do desempenho dos peixes com relação ao processo de extrusão (JOBILING *et al.*; 2001).

Na fabricação de ração, a moagem dos ingredientes é a segunda etapa da produção que mais consome energia e tempo (MATHEW *et al.*, 1999). A granulometria após moagem dos ingredientes pode influenciar na eficiência da extrusora, alterar as propriedades físicas dos pelétes e a digestibilidade dos nutrientes e, como consequência, no desempenho produtivo dos peixes (BOOTH *et al.*, 2000).

Dessa forma, o presente estudo pretende encontrar a melhor granulometria de moagem de ingredientes das rações que contribuam tanto para qualidade física do péletes durante a extrusão, quanto para o processo de digestão e absorção de nutrientes pelos juvenis de tambaquis.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do experimento

O presente projeto foi realizado nas dependências da Estação Experimental de Aquicultura da Coordenação de Tecnologia e Inovação – COTI, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA (campus 3), Manaus, Amazonas. Este trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais (CEUA) do INPA (Processo nº 022/2020, SEI 01280.000416/2020-43). Esse estudo contou com 2 etapas de execução: i) processamento e análises físicas das dietas experimentais; ii) experimento de desempenho zootécnico, conforme detalhado a seguir.

4.2 Processamento das dietas experimentais

Foram utilizadas 3 dietas experimentais isoproteicas (30% de PB) e isoenergéticas (3600 Kcal de EB/kg), formuladas para atender as necessidades nutricionais de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) (MEROLA; CATELMO, 1987; CAMARGO *et al.*, 1998) (Tabela1).

As dietas experimentais foram processadas com os mesmos ingredientes, porém, na etapa de moagem, cada mistura foi moída em moinho de martelo (VIEIRA®, modelo MCS 280) em três granulometrias diferentes: 500; 700 e 1000 µm. Posteriormente, as misturas das rações foram extrusadas em extrusora de rosca única, com condicionador duplo e injeção d'água (INBRAMAQ®, Modelo MX - 80), matriz de 3 mm com os seguintes parâmetros de processo: temperatura da água do barril de 80 °C; frequência de alimentação de 22,82 Hz; fluxo de água no condicionador de 250 ml/kg; amperagem do motor 14,36 (A); frequência da rosca de 60 Hz, frequência da faca de 35,94 Hz e temperatura do canhão de 90°C (Figura 2).

As rações extrusadas foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55°C, até obter o teor de umidade inferior a 10%. Todas as dietas experimentais foram armazenadas em sacos plásticos, identificados e estocados em sala climatizada, a uma temperatura de 18°C. Posteriormente, os péletes foram analisados quanto às propriedades físicas.

Tabela 1. Formulação e composição nutricional calculada das dietas experimentais.

Ingredientes	(%)
Farelo de Soja	53,50
Farelo de Milho	31,52
Farelo de Trigo	6,30
Farinha de Carne e Ossos	5,00
Óleo de Soja	2,00
Fosfato Bicálcico	0,50
Sal Comum	0,10
DL – Metionina	0,08
Suplemento Vitamínico e Mineral	1,00
Nutrientes	
Matéria Seca (%)	89,12
Proteína Bruta (%)	30,01
Lipídeo Total (%)	4,91
Fibra Bruta (%)	4,05
Matéria Mineral (%)	5,72
Energia Bruta (Kcal / Kg)	3.601

Suplemento vitamínico e mineral expressos em (g/kg): Cloreto de potássio 2,00; óxido de magnésio 0,60; Sulfato de ferro 7,50; Sulfato de cobre 1,00; óxido de manganês 2,00; Selenito de sódio 0,07; Iodato de cálcio 0,25; Cloreto de colina 80,00; Vitamina K3 0,70; Ácido nicotínico 10,00; Ácido pantatênico 5,00; Ácido fólico 0,10; Biotina 0,05; Vitamina A 2.000.000.00 UI; Vitamina D3 600.000.00 UI; Vitamina E ; Vitamina B1 2,00; Vitamina B2 4,00; Vitamina B6 5,00; Vitamina B12 0,01; Vitamina C 80,00; Inositol 4,00; Etoxiquin 1,00; B.H.T 5,00.

4.3 Propriedades físicas dos péletes

Para avaliar a qualidade física dos péletes, foram mensuradas as seguintes variáveis: umidade (U), densidade aparente (DA), flutuabilidade (F), taxa de expansão (TE), índice de absorção de água (IAA), índice de solubilidade em água (ISA), índice de durabilidade dos péletes (IDA), resistência a água (RA) e microestrutura dos péletes .

4.3.1 Umidade (U)

Amostras de 2 g de péletes da dieta (n=5) foram colocadas em determinador de umidade eletrônico (Analisador de Umidade Infravermelho Denver® modelo IR-35) até estabilidade do peso à 105°C.



Figura 2. Dietas experimentais: A) Mistura 500 µm; B) Mistura 700 µm; C) Mistura 1000 µm; D) Ração extrusada 500 µm; E) Ração extrusada 700 µm; F) Ração extrusada 1000 µm.

Fonte: PRESTES, A.G., 2021.

4.3.2 Densidade Aparente (DA)

Em um recipiente cilíndrico com volume de 1000 mL, previamente tarado, foram colocados os péletes de ração (n=10). O topo do recipiente foi raspado com o auxílio de espátula uma única vez para retirar os péletes excedentes. Posteriormente o recipiente foi pesado em balança digital. A relação entre o peso dos péletes e o volume do recipiente cilíndrico (1000 mL) foi expressa como densidade aparente em g/l.

4.3.3 Flutuabilidade (F)

A flutuabilidade foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Cian *et al.* (2018). Trinta péletes de ração (n=15) foram colocados em um recipiente de 6 litros com água à temperatura ambiente. O número de péletes flutuantes (Nf) suspensos no recipiente foi observado após 30 minutos e a flutuabilidade foi calculada com a seguinte fórmula:

$$F (\%) = (\text{n}^\circ \text{ de peletes de ração flutuante} / \text{n}^\circ \text{ total de péletes de ração (10)}) \times 100$$

4.3.4 Taxa de Expansão (TE)

A relação entre o diâmetro do pélete de ração e o diâmetro da saída da matriz da extrusora foi determinada a partir de um total de 10 péletes de cada ração (n=10). A taxa de

expansão foi aferida utilizando um paquímetro digital e calculada de acordo com a seguinte equação (GONZÁLEZ *et al.*, 2002):

$$TE (\%) = (\text{Diâmetro dos péletes de ração (mm)} / \text{Diâmetro da matriz (mm)}) \times 100$$

4.3.5 Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA)

Os índices de absorção e solubilidade em água foram obtidos conforme metodologia utilizada por Anderson (1969). Os péletes de ração foram moídos e peneirados usando uma peneira de 0,50 mm. O pó fino (peso seco da amostra 2,5 g) foi suspenso em água destilada (30 ml) a 30 °C e durante 30 minutos foram colocados em um agitador mecânico tipo vortex para garantir a homogeneização completa das amostras. Em seguida, a amostra foi centrifugada a 3000 g ou *ref* por 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para um recipiente descartável de alumínio (tarado) e seco a 135 °C por 2 horas. O peso do gel remanescente no tubo centrifugado foi calculado como índice de absorção de água a partir da seguinte equação:

$$IAA (\text{g/g}) = (\text{Peso do gel (g)} / \text{Peso seco da amostra (g)})$$

O peso seco do sobrenadante sólido obtido após a secagem foi calculado como índice de solubilidade em água a partir da seguinte equação:

$$ISA (\%) = (\text{Peso do sobrenadante sólido (g)} / \text{Peso seco da amostra (g)}) \times 100$$

4.3.6 Índice de Durabilidade dos Péletes (IDP)

O IDP foi calculado como descrito por Kamarudin *et al.* (2018). Amostras de 50 g de ração (n=10) foram colocadas em equipamento para teste de durabilidade (friabilator, diâmetro de 30cm), submetidas a agitação por 10 minutos a uma velocidade de 25 rpm. Após agitação, as amostras foram peneiradas usando uma peneira de malha de 2,00 mm por 1 minuto. Os péletes restantes na peneira de 2,00 mm foram pesados e o índice de durabilidade dos péletes foi calculado de acordo com a seguinte equação:

$$IDP (\%) = (\text{Peso dos péletes após o teste (g)} / \text{Peso dos péletes antes do teste (g)}) \times 100$$

4.3.7 Resistência a Água (RA)

Amostras de 50g de péletes de ração (n=10) foram adicionadas em recipientes com o volume útil de 1 litro de água a 30°C, agitados por 30 minutos (5 L/min) e filtrados através de uma peneira de malha (0,3 mm). Os péletes retidos na peneira foram secos em estufa por 24 h a 105 °C e pesados. A resistência à água foi calculada pela fórmula:

$$RA (\%) = \frac{\text{Quantidade de sólidos retidos (g)}}{\text{Quantidade de amostras da ração seca (g)}} \times 100$$

4.3.8 Microestrutura dos Péletes

Os péletes íntegros e cortados em seções transversais foram montados sobre stubs de alumínio inox e metalizados com ouro no equipamento Sputter Coater (BALTEC, SCD 050) de acordo com o método descrito por Cruz *et al.* (2015). As amostras foram examinadas em microscópio eletrônico de varredura (Tescan/VEGA3), quanto à morfologia das seções transversais dos péletes.

4.4 Avaliação do desempenho zootécnico de juvenis de tambaquis alimentados com rações extrusadas elaboradas a partir de ingredientes com diferentes granulometrias.

Os juvenis de tambaqui ($31,18 \pm 0,27$ g) foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com três granulometrias (500; 700 e 1000 μm) e cinco repetições. Cada repetição experimental foi representada por um tanque (1000 L) contendo 25 animais, os quais foram alocados num sistema de recirculação de água com filtro biológico e aeração constante, com monitoramento frequente da qualidade da água.

As dietas experimentais foram fornecidas quatro vezes ao dia (8h, 11h, 14h e 17h) até a saciedade aparente durante 8 semanas, com monitoramento diário do consumo de ração. Além disso, foram realizadas biometrias no início e a cada 15 dias, até o final do experimento, com o intuito de avaliar o desempenho zootécnico dos animais. Nesse momento, os peixes de cada unidade experimental foram anestesiados com essência de óleo de cravo (20 mg/L), pesados em balança digital (marca e modelo) e medidos para aferição do comprimento total dos animais. Esses dados foram utilizados para calcular as seguintes variáveis:

- Consumo de Ração (g) = (consumo de ração / quantidade de dias) / quantidade de peixes;
- Consumo de Proteína Bruta (g) = (consumo de ração x % de proteína na ração) / 100;
- Taxa de Eficiência Protéica (%) = (ganho de peso / proteína bruta consumida);
- Conversão Alimentar Aparente = (consumo de ração / ganho de peso);
- Ganho de Peso (g) = (peso final – peso inicial);
- Ganho de Peso Diário (g) = (ganho de peso / dias de experimento);
- Taxa de Crescimento Relativo (% / dia) = $(e^g - 1) \times 100$, (e = 2,718, em que g = $(\ln(\text{Peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / (\text{n}^\circ \text{ de dias})$);

- Fator de Condição (K) = (peso total / comprimento total ³) x 100;
- Sobrevivência (%) = (número de peixes final / número de peixes inicial) x 100.

No final do experimento, três peixes de cada unidade experimental foram eutasiados com óleo de cravo na concentração de 20 mg/L. Após a evisceração, as vísceras, fígado e gordura visceral foram pesados, para a determinação dos índices biométricos:

- Índice viscerossomático (%) = (peso das vísceras / peso do peixe) * 100;
- Índice hepatossomático (%) = (peso do fígado visceral/ peso do peixe) * 100;
- Índice gordura viscerossomático (%) = (peso da gordura / peso do peixe) * 100.

4.4.1 Monitoramento da qualidade da água

A temperatura da água ($28,89 \pm 0,08$ °C), oxigênio dissolvido ($6,10 \pm 0,15$ mg/ L), condutividade ($247,89 \pm 3,38$ mS/cm) e o pH ($6,71 \pm 0,12$) foram medidos uma vez por semana com uma sonda multiparamétrica digital da marca YSI. A amônia total ($0,30 \pm 0,06$ mg/ L) e o nitrito ($0,09 \pm 0,01$ mg/ L) foram monitorados duas vezes por semana por métodos colorimétricos (VERDOUW *et al.*, 1978; BOYD e TUCKER, 1992). Os indicadores de qualidade da água permaneceram dentro da faixa de conforto para o tambaqui (ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2010).

4.4.2 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à distribuição normal e homogeneidade das variâncias pelos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, respectivamente. Os que atenderam os pressupostos paramétricos foram analisados por uma análise de variância (ANOVA de uma via) seguido pelo teste de Tukey, enquanto aqueles que não atenderam foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Dunn. Para todas as análises, a diferença estatística foi detectada quando o valor de $p < 0,05$.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Testes físicos das rações com diferentes granulometrias dos ingredientes.

Os resultados dos testes físicos das rações com diferentes granulometrias dos ingredientes diferiram significativamente ($p < 0,05$) nas seguintes características físicas: umidade, densidade aparente, fluatibilidade, índice de absorção em água, índice de solubilidade em água e resistência a água (Tabela 2). A taxa de expansão e o índice de durabilidade dos péletes não diferiram ($p < 0,05$) entre as rações formuladas com diferentes granulometrias. No entanto, apesar da diferença em alguns parâmetros dos testes físicos, nota-se similaridade nos resultados. Essa similaridade pode ser atribuída a uma proximidade média de tamanho entre as partículas dos ingredientes que foram submetidos às diferentes moagens, o que resultou em pequenas mudanças físicas e químicas durante o processo de extrusão entre as rações. Após a moagem dos ingredientes, as partículas dos ingredientes apresentam tamanhos inferiores ao furo da peneira, porém não são homogêneos (BELLAVÉR; NONES, 2000). Esse fato foi observado por Gao *et al.* (2019) que verificaram que após a moagem dos ingredientes em diferentes diâmetros de peneira (300, 400, 600, 800 e 1200 μm) os DGMs dos ingredientes das dietas apresentaram valores muito próximos (104, 115, 163, 199 e 260 μm), o que resultou na semelhança durante os processos de extrusão e peletização das rações e similaridades nas seguintes características físicas dos péletes: taxa de expansão, densidade aparente, lixiviação, dureza, velocidade de afundamento, índice de solubilidade na água e índice de absorção de água.

Os teores de umidade das rações após a secagem ficaram dentro dos padrões para rações extrusadas. Esses valores devem ser iguais ou inferiores a 10%, a fim de evitar a formação de microrganismos, permanecendo a qualidade das rações inalterada por um longo período de armazenamento (LAMBERT *et al.*, 2017). Independente da granulometria dos ingredientes, o processo de extrusão das rações ocorreu de forma eficaz, pois houve cozimento e gelatinização do amido, que resultou na expansão em torno de 30% e formação de inúmeras câmaras de ar no interior dos péletes (Figura 3 e 4).

Tabela 2. Indicadores da qualidade física das rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.

Variável	500 µm	700 µm	1000 µm	Valor de P
U (%)	4,46 ± 0,11a	4,09 ± 0,24b	4,03 ± 0,13b	<0,01
DA (g/L)	394,99 ± 1,25c	404,46 ± 2,45a	398,62 ± 1,63b	<0,01
F (%)	98,57 ± 1,71a	95,38 ± 3,20b	98,46 ± 1,73a	<0,01
TE (%)	33,27 ± 5,87	33,24 ± 6,20	34,91 ± 4,94	0,33ns
ISA (%)	17,52 ± 4,40ab	14,88 ± 1,40b	19,04 ± 1,53a	<0,01
IAA (g/g)	3,79 ± 0,14b	4,05 ± 0,07a	4,17 ± 0,10a	<0,01
IDP (%)	99,89 ± 0,06	99,87 ± 0,03	99,83 ± 0,08	0,13ns
RA (%)	80,00 ± 0,81b	81,66 ± 0,50a	81,00 ± 0,21ab	<0,01

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na mesma linha indicam diferença estatística ($p < 0,05$). Os dados de umidade (U), densidade aparente (DA), taxa de expansão (TE), índice de solubilidade em água (ISA) e índice de absorção de água (IAA) foram analisados pela ANOVA de uma via, seguidos pelo teste de Tukey. Já os dados de flutuabilidade (F), índice de durabilidade dos péletes (IDP) e resistência à água (RA) foram analisados pelo teste de Kruskal -Wallis, seguidos pelo teste de Dunn. Não significativo (ns) ($p > 0,05$). ($p > 0,05$).

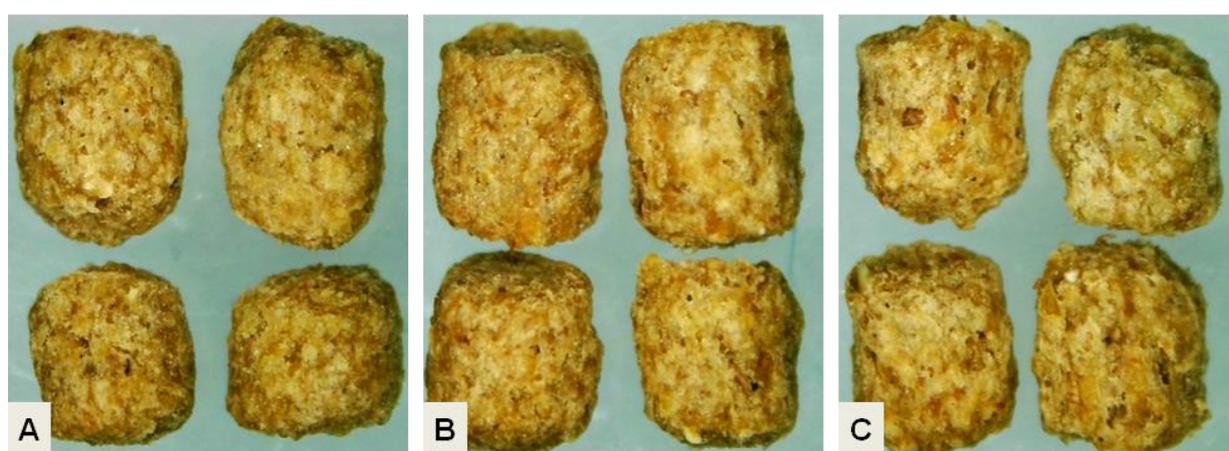


Figura 3. Péletes expandidos das dietas experimentais: I) Ração 500 µm; II) Ração 700 µm; III) Ração 1000 µm.

Fonte: PRESTES, A.G., 2021.

A gelatinização do amido também pode ser observada através dos valores do ISA e IAA. O ISA permite avaliar o grau de gelatinização e dextrinização e conseqüentemente a solubilização do amido e dos nutrientes compostos na ração (GUHA *et al.*, 1997). E no IAA é possível quantificar o quanto os grânulos de amido sofreram o processo de gelatinização, o que tendem a absorver mais água do que no estado natural e as proteínas, em razão da desnaturação no processo de extrusão perdem sua conformação estrutural tornam-se hidrofílicas contribuindo para o aumento do índice (ANDERSON *et al.*, 1969).

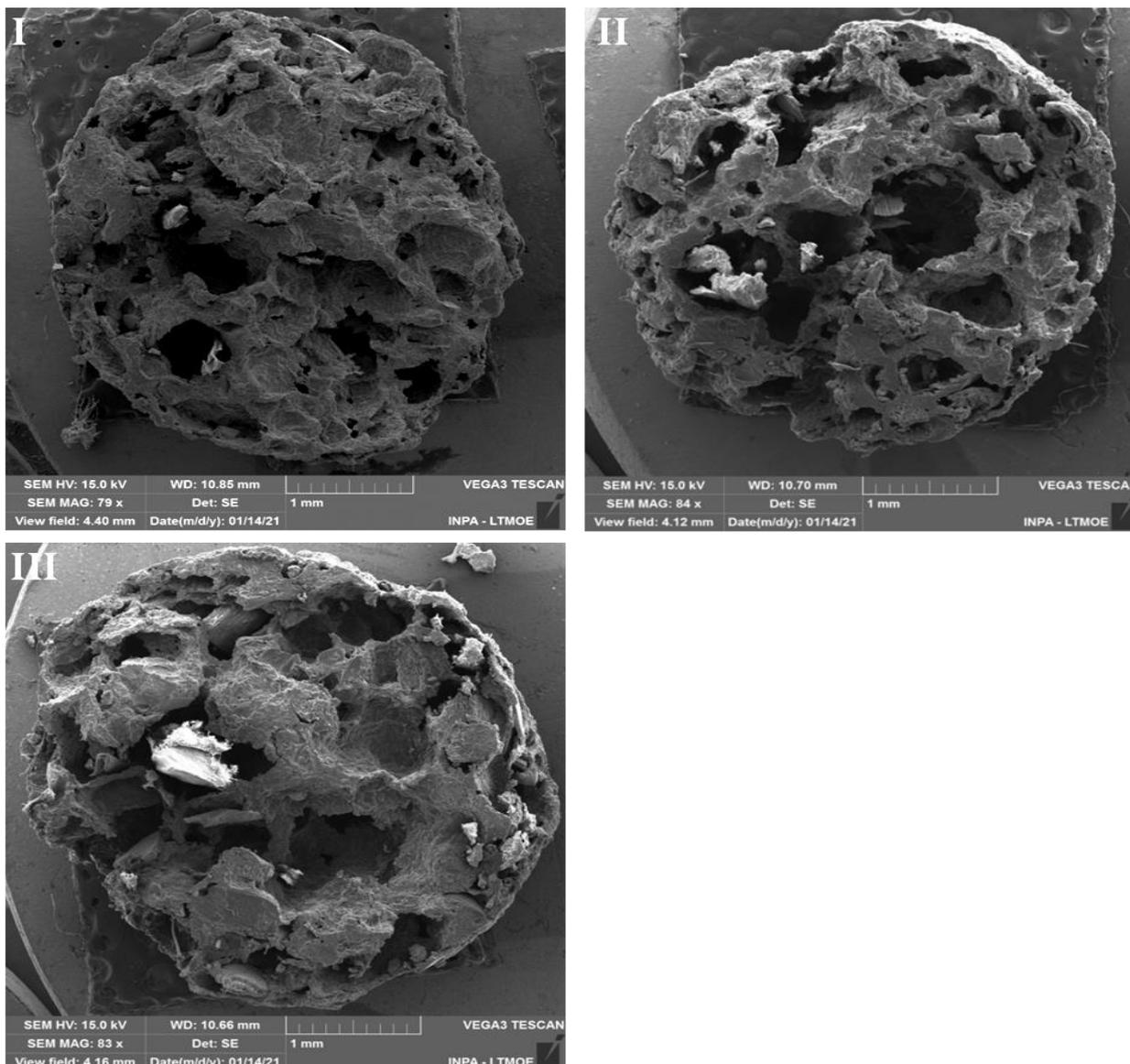


Figura 4. Micrografias em corte transversal dos péletes das rações testes: I) Ração 500 µm; II) Ração 700 µm; III) Ração 1000 µm
Fonte: INPA, 2021.

A capacidade de flutuabilidade dos péletes por um determinado período está relacionada à sua densidade aparente e estabilidade na água (GLENCROSS *et al.*, 2011). No presente estudo, as rações apresentaram densidade inferior a 525 g/L e flutuabilidade superior a 95%. Para peixes onívoros, é recomendado que a densidade das rações extrusadas sejam abaixo de 525 g/L, o que garante a flutuabilidade adequada da ração na água em até 20 minutos (CHEVANAN *et al.*, 2009; DRAGANOVIC *et al.*, 2011). Embora inexista um padrão estabelecido para a flutuabilidade dos péletes na água, é desejável que 95% das rações flutuem o que facilita o acompanhamento visual do consumo alimentar e do apetite dos peixes (KUBITZA, 2009; PASTORE *et al.*, 2013).

Os resultados dos IDP e RA mostram que os péletes mantiveram suas integridades físicas, indicando que as condições do processo de extrusão foram suficientes para que os amidos das rações se gelatinizassem e aglutinassem todos os componentes da mistura, garantindo as propriedades físicas (ANDERSON, 1982; MASON; HOSENEY, 1986)

5.2 Desempenho zootécnico

As rações extrusadas com diferentes moagens dos ingredientes não influenciaram na eficiência alimentar e desempenho de juvenis de tambaqui em relação às variáveis: consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta (CPB), taxa de eficiência proteica (TEP), conversão alimentar aparente (CAA), ganho de peso (GP), ganho de peso diário (GPD), peso final (PF), comprimento final (cm), taxa de crescimento relativo (TCR), fator de condição (K) e sobrevivência (S) (Tabela 3).

Na produção de ração para piscicultura, procura-se adequar para cada espécie, a melhor granulometria dos ingredientes das rações, que permita maior aproveitamento dos nutrientes pelos animais e para as fábricas de ração, melhor eficiência e economia. No presente trabalho, as rações produzidas por diferentes moagens dos ingredientes não afetaram o desempenho zootécnico dos juvenis de tambaqui, indicando que essas dietas podem ser utilizadas na alimentação de juvenis de tambaqui sem comprometer o seu desempenho.

Entretanto, para as fábricas de ração, a melhor moagem dos ingredientes é aquela realizada na peneira com diâmetro de furo de 1000 μm . Pois quanto maior o diâmetro do furo da peneira, menor é o tempo de moagem e gasto de energia elétrica pelos moinhos (PUPA; HANNAS, 2003). O consumo de energia elétrica pelo moinho diminuiu em 61% e o rendimento de moagem aumentou em 143% com o uso da peneira de 10.000 μm em relação à peneira com furos de 2.500 μm na produção de rações para frango de corte (BRUM., 1998).

Nossos resultados corroboram com os achados de Gao *et al.*, (2019), os quais não identificaram diferença no desempenho zootécnico da carpa gibel (*Carassius gibelio*), alimentada com ração peletizada e extrusada produzida com a moagem dos ingredientes em diferentes furos da peneira (300, 400, 600, 800 e 1200 μm). Esses autores atribuíram esse resultado a proximidade de tamanho das partículas dos ingredientes das rações, de acordo com os respectivos DGMs (104, 115, 163, 199 e 260 μm).

Tabela 3. Desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.

Variável	500 µm	700 µm	1000 µm	Valor de p
CR (g)	93,49 ± 3,58	92,90 ± 3,08	95,71 ± 4,50	0,48ns
CPB (g)	28,45 ± 0,68	27,51 ± 0,52	28,55 ± 1,03	0,17ns
TEP (%)	2,43 ± 0,04	2,54 ± 0,04	2,55 ± 0,12	0,15ns
CAA	1,34 ± 0,08	1,29 ± 0,06	1,32 ± 0,06	0,52ns
GP (g)	67,42 ± 1,73	69,75 ± 1,62	72,82 ± 6,13	0,12ns
GPD (g)	1,25 ± 0,11	1,29 ± 0,10	1,30 ± 0,11	0,76ns
PF (g)	98,51 ± 1,97	101,02 ± 1,40	103,95 ± 6,32	0,18ns
CF (cm)	18,55 ± 0,36	18,80 ± 0,35	18,73 ± 0,39	0,56ns
TCR (%)	2,08 ± 0,02	2,12 ± 0,04	2,17 ± 0,10	0,17ns
K	1,58 ± 0,04	1,56 ± 0,01	1,58 ± 0,04	0,39ns
S (%)	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0,00	100,00 ± 0	-

Os dados de consumo de ração (CR), consumo de proteína bruta (CPB), taxa de eficiência proteica (TEP), conversão alimentar aparente (CAA), ganho de peso diário (GPD), comprimento final (CF) e a taxa de crescimento relativo (TCR) foram analisados pela ANOVA de uma via, seguidos pelo teste de Tukey. Já os dados de ganho de peso (GP) e peso final (PF) foram analisados pelo teste de Kruskal -Wallis, seguidos pelo teste de Dunn. Sobrevivência (S). Não significativo (ns) ($p>0,05$).

Por outro lado, juvenis de tambaqui apresentaram melhores resultados de desempenho zootécnico quando alimentados com ração extrusada produzida com granulometria do milho a 150 µm quando comparado com granulometrias superiores (300, 500, 710 e 850 µm). O que foi relacionado ao maior contato das secreções digestivas com a partícula do alimento (POLESE, 2013). Entretanto, nesse estudo, todo milho utilizado foi moído em moinho com furo de peneira a 1,0 mm e, posteriormente, as diferentes granulométrias foram obtidas através do peneiramento em um vibrador de peneiras, no qual as peneiras foram distribuídas em ordem decrescente do maior furo para o de menor furo. Dessa forma, é possível supor que diferentes partes do milho compuseram as fórmulas de rações (tratamentos) e pode ser que os resultados tenham sido influenciados não só pela granulometria, mas pela composição final do alimento.

Outro fator importante que deve ser considerado é a melhor disponibilidade dos nutrientes ocasionados pelo processo de extrusão em que as rações foram submetidas. Durante esse processo ocorrem mudanças físicas e químicas dos ingredientes através da gelatinização do amido, desnaturação de proteínas e inativação de fatores anti-nutricionais (MURRAY *et al.*, 2001). Assim, essas alterações que ocorrem durante o processo de extrusão da ração, podem ter disponibilizado os nutrientes dos ingredientes das rações de forma semelhantes, devido à

pequena variação entre as partículas dos ingredientes das rações, que quando submetidos à alta umidade, temperatura e pressão tiveram pouca influência nas mudanças físicas e químicas durante esse processo. Menores partículas dos ingredientes têm maior área de superfície de contato do que partículas grandes, e durante o processo de extrusão da ração, essas partículas permitem maior penetração de umidade e calor, contribuindo para maior cozimento dos ingredientes, e conseqüentemente alteram a qualidade física e química da ração (BEHNKE, 1996). Como pode ser visto nesse trabalho, houve pouca influência da moagem dos ingredientes nas características físicas das rações, isso indica proximidade entre as granulometrias dos ingredientes das rações.

Além disso, os peixes têm capacidade de se adaptar as variações na composição e forma do alimento ingerido, modulando fenotipicamente o perfil de enzimas digestivas, como amilase, lipase e proteases (KROGDAHL *et al.*, 2005). Ao longo da evolução, a morfologia do sistema digestório dos peixes se desenvolveu para assegurar que a ingestão, digestão e assimilação de nutrientes fossem adequadas ao hábito alimentar da espécie (RUST, 2002). Tal plasticidade é mais frequente em espécies de hábito alimentar onívoro, como o tambaqui, que naturalmente consomem dietas com composição bastante variável (BUDDINGTON; HILTON, 1987). Essa capacidade do tambaqui de se adaptar a diferentes dietas pode ter facilitado ainda mais a digestão e absorção dos nutrientes das rações, sem comprometer o seu desempenho zootécnico.

Tabela 4. Índices biométricos de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com rações produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes durante a moagem.

Variável	500 µm	700 µm	1000 µm	Valor de p
IVS (%)	7,88 ± 0,31	7,50 ± 0,41	8,07 ± 0,40	0,09ns
IHS (%)	2,06 ± 0,32	1,90 ± 0,24	1,92 ± 0,20	0,58ns
IGVS (%)	2,15 ± 0,46	2,11 ± 0,35	2,49 ± 0,21	0,23ns

Os dados dos índices viscerossomático (IVS), hepatossomático (IHS) e gordura viscerossomático (IGVS) foram analisados pela ANOVA de uma via, seguidos pelo teste de Tukey. Não significativo (ns) ($p > 0,05$).

Os índices biométricos (IVS, IHS e IGVS) dos juvenis de tambaqui também não apresentaram diferença estatística ($p > 0,05$) quando alimentados com as rações produzidas com diferentes granulometrias dos ingredientes (Tabela 4). Deposição no fígado que alterem o IHS indica algum acúmulo nutricional ou mudança no metabolismo dos peixes e essa mudança pode justificar uma diferença no crescimento do animal (BARBOSA *et al.*, 2011). No entanto, isso não foi constatado neste trabalho, pois os índices IVS, IHS e IGVS não diferiram entre si com as rações com diferentes moagens dos ingredientes.

6 CONCLUSÃO

Recomenda-se que para a produção de juvenis de tambaqui seja utilizada a ração extrusada produzida com ingredientes moídos com a granulometria de 1000 μm , por apresentar menor custo no processamento de moagem.

7 REFERÊNCIAS

- 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**, 17: 253-262, 2011.
- AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Feed particle size: implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.63, p. 439–55, 2007.
- ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F. PFEIFER, V. F. GRIFFIN JUNIOR, E. L. gelatinization of corn grits by Roll – and extrusion – cooking. **Cereal Science Today**. V. 14, n. 1; p. 4-12, 1969.
- ARAÚJO-LIMA, C.A.; GOULDING, M. Os frutos do tambaqui (*Colossoma macropomum*): Ecologia, Conservação e Cultivo na Amazônia. **Sociedade Civil Mamirauá**, p.186, 2005.
- ARAÚJO-LIMA, C.A.R.M.; GOMES, L.C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: **BALDISSEROTTO, B., GOMES, L.C. Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM. p.175-204, 2010.
- AZEVEDO, K.S.P.; ALMEIDA, R.G.S.; SANTOS, M.C.; RESENDE, A.M.; BICUDO, A.J.A. Valores da exigência de aminoácidos essenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) estimados pelo perfil de aminoácidos corporais. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 5., Palmas, 1-5/jul./2012. **Anais...** Palmas: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.
- BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. 2º. ed. Santa Maria: Ed. da UFSM. Cap.7, p. 175-187, 2013.
- BARBOSA, M.C.; NEVES, F.F.; CERQUEIRA, V.R. Taxa alimentar no desempenho de juvenis de robalo-peva em tanque-rede. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 4, p. 369-372, 2011.
- BELLAVER, C.; NONES, K. A Importância da Granulometria, da Mistura e da Peletização da Ração Avícola. **IV Simpósio Goiano de Avicultura**, 2000, Concórdia: EMBRAPA_CNPSA. Disponível em <http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc_publicacoes_s3f1x> Acesso em:18 de fevereiro, 2021.
- BEHNKE, Keith C. Feed manufacturing technology: current issues and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 49-57, 1996.
- BEHNKE, K.C. The Art (Science) of Pelleting. **American Soybean Association**, maio de 2005.

BOOTH, M. A. Effects of grinding, steam conditioning and extrusion of practical diet on digestibility and weight gain of silver perch, *Bidyanus bidyanus*. **Aquaculture**, v.182, p.287-299, 2000.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Water quality and pond soil analysis for aquaculture. Alabama: **Alabama Agricultural Experiment Station**, Auburn University, p. 183, 1992.

BRUM, P.A.R. A. Utilização de farelo de canola em dietas de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Campinas. **Anais...** p.09, 1998.

BUDDINGTON, R.K.; HILTON, J.W., 1987. Intestinal adaptations of rainbow trout to changes in dietary carbohydrate. **American Journal of Physiology**, 253, 1987.

BUXTON, D.R.; REDFEARN, D.D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **Journal of Nutrition**, v.127 (suppl.), p.814-818, 1997.

CAMARGO, A.C.S.; VIDAL Jr, M.V.; DONZELE, J.L.; ANDRADE, D.R.; SANTOS, L.C. Níveis de energia metabolizável para tambaqui (*Colossoma macropomum*) dos 30 aos 180 gramas de peso vivo. 1. Composição das Carcaças. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 27: 409-415, 1998.

CAMPOS, J. L.; ONO, E. A.; ISTCHUK, P. I. A cadeia de produção e preço do tambaqui. **Panorama da aquicultura**, v.25, n.49, p. 42-45, 2015.

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, p. 77–83, 2003.

CHEVANAN, N., MUTHUKUMARAPPAN, K., ROSENTRATER, K. A. Extrusion studies of aquaculture feed using distillers dried grains with solubles and whey. **Food and Bioprocess Technology**, v. 2, p.177-185, 2009.

CHO, C.Y.; KAUSHIK, S.J. Nutritional energetic in fish. Energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review Nutrition Diet**, n.61, p.132-172, 1990.

CIAN, R. E.; BACCHETTA, C., CAZENAVE, J., DRAGO, S. R. Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. **Animal Feed Science and Technology**, 240, 78-87, 2018.

CLARO-JR, L. H. **A influência da floresta alagada na estrutura trófica de comunidades de peixes em lagos de várzea da Amazônia Central**. 2003. 61 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2003.

COUTO, H. P. Fabricação de rações e suplementos para animais: gerenciamento tecnologias. Viçosa: **Aprenda Fácil**, p.263, 2008.

CRUZ, C.R.; KAMARUDIN, M.S.; SAADA, C.R.; RAMEZANI-FARD, E. Effects of extruder die temperature on the physical properties of extruded fish pellets containing taro and broken rice starch. **Animal Feed Science and Technology**. p. 137-145, 2015.

DAIRIKI, J.K.; SILVA, T. B. A. **Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação, formulação de ração adequada e desafios futuros**. Documentos 91. Manaus, Embrapa Amazônica Ocidental, 2011.

DRAGANOVIC, V.; BOOM, R. M., JONKERS, J., VAN DER GOOT, A. J. Lupine and rapeseed protein concentrate in fish feed: A comparative assessment of the techno-functional properties using a shear cell device and an extruder. **Journal of Food Engineering**, 126, 178-189, 2011.

FLEMIMMIN, J. S.; MONTANHINI, R.; ARRUDA, J. S.; FRANCO, S. G. FLEMMING, S. G.; FLEMMING, D. F. Ração farelada com diferentes granulometrias em frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2002.

FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. **Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática**, p. 375, 2013.

GAO, S., JIN, J., LIU, H., HAN, D., ZHU, X., YANG, Y., XIE, S. Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. *CAS V*). **Aquaculture**, 511, 734236. 2019.

GENTELINI, A.L.; BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; MEURER, F.; HAYASHI, A. Graus de moagem dos ingredientes em rações peletizadas para alevinos de piavuçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 27, no. 1, p. 93-97, Jan./March, 2005.

GLENCROSS, B., RUTHERFORD, N.; JONES, B. Evaluating options for fishmeal replacement in diets for juvenile barramundi. **Aquaculture Nutrition**, 17(3), 722-732, 2011.

GONZÁLEZ, R. J.; TORRES, R.L.; GREEF, D.M. Extrusión cocción de cereales. **Food Science Technology**, 36: 83-136, 2002.

GUHA, M., ALI, S. Z., & BHATTACHARYA, S. Twin-screw extrusion of rice flour without a die: effect of barrel temperature and screw speed on extrusion and extrudate characteristics. **Journal of Food Engineering**, 32(3), 251-267, 1997.

HEALY, B. J.; HANCOCK, J. D.; KENNEDY, G. A.; BRAMEL-COX, P. J.; BEHNKE, K. C.; HINES, R. H. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 22-27, 1994.

HILCKO, K.P.; FÉLIX, A.P.; OLIVEIRA, S.G.; BORTOLO, M.; MAIORKA, A.; BRITO, C.B.M.; ALVES, P.F. Diferentes graus de moagem em dietas para cães. **Ciência rural**, Santa Maria, v.39, n.8, p.2511-2515, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. Disponível em <<http://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado>> Acesso em: 28 de outubro, 2019.

ISAAC, V. J.; RUFFINO, M. L. Biologia pesqueira do tambaqui, *Colossoma macropomum*, no Baixo Amazonas. In: **Recursos Pesqueiros do médio Amazonas: biologia e estatística pesqueira**. Brasília: Edições IBAMA, Coleção Meio Ambiente, Serie Estudos Pesca, 22. p. 88, 2000.

JOBLING, M.; GOMES, E.; DIAS, J. Feed types, manufacture and ingredients. In: HOULIHAN, D.; BOUJARD, T.; JOBLING, M. (Eds.). Food Intake in Fish. Malden, Massachusetts, USA: **Blackwell Science**, cap.2, p.25-48, 2001.

KAMARUDIN, M.S.; SULAIMAN, M.A.; ISMAIL, M. Effects of dietary crude fiber level on growth performance, body composition, liver glycogen and intestinal short chain fatty acids of a tropical carp (*Barbonymus gonionotus* X *Hypsibarbus wetmorei* male) **Journal of Environmental Biology**, p. 813-820, 2018.

KROGDAHL, A.; HEMRE, G.I.; MOMMSEN, T.P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in post larval stages. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.103-122, 2005.

KUBITZA, F. Manejo Nutricional e Alimentar de Tilápia. In: Rev. **Panorama da Aquicultura**. v.10, n. 60, p.31-36, 2000.

KUBITZA, F. Manejo na produção de peixes. **Revista panorama da aquicultura**, v. 19, n.113, 14-23, 2009.

LAMBERT, C.; CARTAILLER, J.; ROUCOUSE, S.; ALMEIDA, G.; COURTOIS, F. Characterization and modeling of cooling and drying of pellets for animal feed. **Drying Technology**, v.36(3), p.255-266, 2017.

MASON, W. R; HOSENEY, R. C. Factors Affecting the Viscosity of Extrusion-Cooked Wheat Starch. **Cereal Chemistry**, v.63: p.436, 1986,

MATHEW, J. M.; HOSENEY, R. C.; FAUBION, J. M. Effects of corn hybrid and growth environment on corn Curl and pet food extrudates. **Cereal Chemistry**, v. 76, p. 625-628, 1999.

MENDEZ, J.R.I .E. and SANTOMA, G. **Feed Manufacturing**. The Nutrition of the Rabbit. Cab International, 2008.

MENDONÇA, P.P.; FERREIRA, R.A., JUNIOR, M.V. VIDAL; ANDRADE, D.R., SANTOS, M.V.D., FERREIRA, A.V.; REZENDE, F.P. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de Zootecnia**, v. 58, p.323-331, 2009.

MEROLA, N.; CANTELMO, O.A. Growth, feed conversion and mortality of cage-reared tambaqui, *Colossoma macropomum*, fed various dietary feeding regimes and protein levels. **Aquaculture**, v.66, p.223-233, 1987.

MEURER, F.; BOMBARDELLI, R.A.; HAYASHI, C. et al. Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. **Acta Scientiarum**, v.27, p.81-85, 2005.

MURRAY, S.M.; FLICKINGER, E.A.; PATIL, A.R. et al. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 435-444, 2001.

OISHI, C.A.; NWANNA, L.C.; PEREIRA-FILHO, M. Optimum dietary protein requirement for Amazonian tambaqui, *Colossoma macropomum* Cuvier, 1818, fed fishmeal free diets. **Acta Amazonica**, 40: 757-762, 2010.

OLIVEIRA, P. S. **Importância do controle de qualidade de ingredientes e produtos no processo de produção de rações.** Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Paraná, Faculdade de Zootecnia. Curitiba, p. 46, 2016.

PASTORE, S.C.G.; GAIOTTO, J.R., RIBEIRO, F.A.S., NUNES, A.J.P. Boas práticas de fabricação e formulação de rações para peixes. In: FRACALOSSO, D.M. e CYRINO, J.E.P. (Eds.). **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira.** 2ª ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, cap.16, p. 330 a 333, 2013.

PEZZATO, L. E. Estabilidade química de dietas para organismos aquáticos confeccionadas com aglutinantes nutritivos. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.22, n.1, p.125–131, 1995.

PEZZATO, L.E. **Fish feeding - Cost and benefit.** Disponível em: <<http://www.sbz.org.br/eventos/PortoAlegre/homepagesbz/Pezzato.htm>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2021.

POLESE M. F.; VIDAL JUNIOR M. V.; MENDONÇA P. P.; TONINI W. C. T.; RADAEL M. C.; ANDRADE D. R. Efeito da granulometria do milho no desempenho de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1469-1477, 2010.

POLESE, M. F. **Efeito da granulometria do milho da ração nos parâmetros zootécnicos e morfométricos em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*).** Tese (Doutor em ciência animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro, março de 2013.

PUPA, J. M. R.; HANNAS M. I. Reduzindo o custo de produção animal através da adequação da granulometria das rações. **Informativo All Nutri.** Publicação eletrônica. Nº 2, agosto de 2003. www.allnutri.com.br. Acessado em 26/02/2021.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 40, n. 1, p. 135 – 145, 2014.

RUST, M.B. Nutritional Physiology. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. (Eds.), **Fish nutrition.** Academic Press, Florida, USA, p. 368-446, 2002.

SANTOS, L.; PEREIRA-FILHO, M.; SOBREIRA, C.; ITUASSÚ, D.; FONSECA, F.A.L. Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Acta Amazônica**, 40: 597-604, 2010.

SCHNEIDER, C.R.; FIGUEIREDO, M.; CESARO, E.; MARCATO, S.M. Gestão de fábrica de ração animal no Brasil: revisão de literatura. **Nutri Time**, Vol. 16, Nº 03, maio/jun de 2019.

SECRETARIA DE PRODUÇÃO RURAL DO ESTADO DO AMAZONAS (SEPROR-AM). **Pesca e piscicultura**, 17/05/2016. Disponível em <<http://www.sepror.am.gov.br/pesca-e-piscicultura/>>. Acesso em: 02 de novembro, 2016.

SILVA, J.A.M. da; PEREIRA-FILHO, M.; OLIVEIRAPEREIRA, M.I. Seasonal variation of nutrients and energy in tambaqui's (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818) natural food. **Revista Brasileira de Biologia**, 60: 599-605, 2000.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA – (SUDAM). **Plano Regional de Desenvolvimento da Amazônia (PRDA): 2020-2023** / Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – Belém: SUDAM, 2019.

VAN DER MEER, M.B.; MACHIELS, M.A.M.; VERDEGEM, M.C.J. The effect of dietary protein level on growth, protein utilization and body composition of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, 26: 901–909, 1995.

VAN DER MEER, M.B. e VERDEGEM, M.C.J. Comparison of amino acid profiles of feeds and fish as a quick method for selection of feed ingredients: A case study of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, 27: 487-495 1996.

VAN DER MEER, M.B.; ZAMORA, J.E.; VERDEGEM, M.C.J. Effect of dietary lipid level on protein utilization and the size and proximate composition of body compartments of *Colossoma macropomum* (Cuvier). **Aquaculture Research**, 28: 405-417, 1997.

VERDOUW, H.; Van ECHELD, C. J. A.; DEKKERS, E. M. J. Ammonia determination based on indophenol formation with sodium salicylate. **Water Research**, v. 12, n. 6, p. 399-402, 1978.

WENSENDONCK, W.R. **Valor nutricional de diferentes subprodutos do trigo para suínos em crescimento**. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

YAMAMOTO, K. C. **A estrutura de comunidades de peixes em lagos manejados da Amazônia Central**. 2004. 71 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 2004.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVAR, C. **Método de determinação de granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA. Comunicado Técnico, 215. p. 5, 1996.