

UNIOESTE – UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS - CECE
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA
DE PESCA

ELISIANE DA SILVA FIGUEIREDO

Hidrolisado enzimático de penas de frango em dietas para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*): desempenho produtivo e atratopalatabilidade

TOLEDO

2025

ELISIANE DA SILVA FIGUEIREDO

**Hidrolisado enzimático de penas de frango em dietas para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*): desempenho produtivo e atratopalatabilidade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca - Prep. – nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas da Unioeste – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Aquicultura

Orientador: Dr. Altevir Signor

Coorientador: Dr. Arcangelo Augusto Signor

TOLEDO

2025

**FICHA CATALOGRÁFICA – FORMULÁRIO GERADO AUTOMATICAMENTE
PELO SISTEMA DE BIBLIOTECA DA UNIOESTE**

Figueiredo, Elisiane

Hidrolisado enzimático de penas de frango em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): desempenho produtivo e atratopalatabilidade / Elisiane Figueiredo; orientador Altevir Signor ; coorientador Arcangelo Augusto Signor . -- Toledo, 2025.

26 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Toledo) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, 2025.

1. Aquicultura . 2. Nutrição . 3. Atratopalatabilidade. 4. Desempenho produtivo . I. Signor , Altevir, orient. II. Signor , Arcangelo Augusto, coorient. III. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO DA DEFESA**ELISIANE DA SILVA FIGUEIREDO****Hidrolisado enzimático de penas de frango em dietas para tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*): desempenho produtivo e atrato palatabilidade**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado e Doutorado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Altevir Signor
Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste (Presidente)

Prof.^a Dr.^a Lucileine de Assumpção Hartmann
Universidade Estadual do Oeste do Paraná- Unioeste

Prof.^a Dr.^a Márcia Regina Piovesan
Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR

Aprovada em:
Local de defesa: Toledo.

DEDICATÓRIA

A Deus por nos cuidar e abençoar, a mim pela dedicação e empenho, ao meu marido Rosenildo pelo apoio e paciência, e aos meus maiores tesouros Eduardo e Augusto pelo amor.

AGRADECIMENTOS

Institucionais:

A CAPES pela concessão da bolsa de Mestrado, durante o período necessário;

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, PREP-Unioeste, e a Carla pela dedicação e suporte;

Ao Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAq, e a todos os participantes que de alguma forma auxiliaram na pesquisa;

A BRF Ingredients ® Ltda, pelo ingrediente teste, Hidrolisado enzimático de penas de frango;

A Paturi Piscicultura Agroindustrial pela concessão dos peixes.

Especiais:

A Deus pela vida, e por reforçar seu amor quando nos livrou do acidente ocorrido, obrigada por sua graça.

Ao meu marido Rosenildo, por dar todo suporte necessário, paciência, dedicação e amor;

Aos meus amados filhos por simplesmente existirem e me fazer querer buscar o melhor da vida;

Aos meus familiares e amigos, por me apoiarem sempre;

A minha querida amiga Hellen Ferreira pela parceria e dedicação;

Ao meu orientador Altevir, pela oferta de pesquisa, apoio, dedicação e ensinamentos;

Ao meu coorientador Arcangelo Signor por confiar no meu processo de formação e me apoiar;

A Alessandra, ao Lincoln, Silmara, Karine e Leonnan por toda ajuda, sou muito grata por tudo;

A Marcia Piovesan pelo suporte com uma etapa da pesquisa, e por aceitar participar da banca;

Aos professores do GEMAq, Aldi, Fabio e Wilson, pela cooperação e ensinamentos;

Aos responsáveis pela limpeza e manutenção do laboratório e da Unioeste.

Que a graça de Jesus Cristo esteja sempre com todos!

RESUMO GERAL

O uso de coprodutos agroindustriais como vísceras, sangue, peles, penas, pode ser uma excelente alternativa em substituição à farinha de peixe na aquicultura. Este estudo avaliou os efeitos da inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP), fornecido pela BRF Ingredients®, em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAq, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná UNIOESTE, Campus Toledo-PR por um período de 50 dias para o desempenho zootécnico e 23 dias para o experimento de atratividade e palatabilidade. Três dietas isoproteicas foram formuladas com 0% (dieta controle), 1% e 2% de HEP. Para o desempenho produtivo, o delineamento foi inteiramente ao acaso, com 24 aquários de polietileno e 15 juvenis de $9,0 \pm 1,0$ gramas em média, totalizando 360 peixes. O arraçamento ocorreu 4 vezes ao dia (8, 11, 14, 17h). A limpeza das caixas foi realizada duas vezes ao dia, com troca parcial de 30% da água. O oxigênio dissolvido foi de $4,9 \pm 0,5$ mg L⁻¹; pH $7,2 \pm 0,01$ mensurados semanalmente e a temperatura de $28,7 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$, diariamente, com sonda multiparâmetro modelo YSI® Professional Series. A amônia, $0,29 \pm 0,05$ ppm; nitrito, $0,4 \pm 0,001$ ppm e dureza branda, coletados a cada três dias com kit colorimétrico LabconTest®. Após o período experimental, foram analisados parâmetros zootécnicos como ganho de peso, taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CAA), índices hepatossomáticos (IHS), viscerossomáticos (IGV) e composição bromatológica da carcaça. Para o estudo de atratopalatabilidade, foram utilizados 12 alevinos de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) com peso médio inicial de $7,54 \pm 0,39$ e comprimento padrão e total de $6,18 \pm 0,16$ e $7,73 \pm 0,20$, respectivamente. Os animais foram alimentados seis vezes ao dia às (8, 10, 12, 14, 16 e 18 h), para obtenção dos resultados, utilizou-se câmera modelo Go Pro® 5 Black 4K Ultra HD para os registros após, foram mensurados os índices de atratopalatabilidade (IAP) com base em parâmetros comportamentais como tempo de captura do primeiro pelete, número de peletes consumidos, rejeições e aproximações. Os resultados sugerem que a dieta com 2% de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP) promoveu melhor desempenho em relação ao ganho de peso e TCE, sem afetar negativamente os índices fisiológicos e a composição da carcaça. Em relação à atratividade e palatabilidade, foram observadas respostas comportamentais positivas em horários específicos, principalmente para as dietas com 1% e 2% de HEP, refletindo em maior consumo e menor rejeição alimentar. A inclusão de até 2% de (HEP) mostrou-se uma alternativa viável como fonte proteica para a formulação de dietas eficientes e sustentáveis para tilápias, contribuindo para o aproveitamento desses subprodutos agroindustriais na aquicultura.

Palavras-chave: Ingredientes funcionais; nutrição de peixes; subprodutos.

ABSTRACT

The use of agro-industrial by-products such as viscera, blood, skins, and feathers can be an excellent alternative to fishmeal in aquaculture. This study evaluated the effects of including enzymatically hydrolyzed chicken feathers (HEP), supplied by BRF Ingredients®, in diets for juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). The experiments were conducted at the Aquaculture Laboratory of the Aquaculture Management Study Group – GEMaQ, at the Western Paraná State University (UNIOESTE), Toledo Campus, Brazil, over a 50-day period for zootechnical performance and 23 days for the attractability and palatability trial. Three isoproteic diets were formulated with 0% (control diet), 1%, and 2% HEP. For productive performance, a completely randomized design was used, with 24 polyethylene tanks and 15 juveniles averaging 9.0 ± 1.0 grams, totaling 360 fish. Feeding occurred four times a day (8 a.m., 11 a.m., 2 p.m., and 5 p.m.). Tank cleaning was performed twice daily, with a partial water exchange of 30%. Dissolved oxygen averaged 4.9 ± 0.5 mg L⁻¹; pH was 7.2 ± 0.01 , measured weekly, and temperature was 28.7 ± 0.3 °C, measured daily using a multiparameter probe (YSI® Professional Series). Ammonia levels were 0.29 ± 0.05 ppm; nitrite 0.4 ± 0.001 ppm; and soft water hardness were monitored every three days using a LabconTest® colorimetric kit. After the experimental period, zootechnical parameters such as weight gain, specific growth rate (SGR), apparent feed conversion ratio (FCR), hepatosomatic index (HSI), viscerosomatic index (VSI), and carcass proximate composition were analyzed. For the attractability and palatability study, 12 Nile tilapia fingerlings (*O. niloticus*) with an initial average weight of 7.54 ± 0.39 g and standard and total lengths of 6.18 ± 0.16 cm and 7.73 ± 0.20 cm, respectively, were used. The fish were fed six times a day (8 a.m., 10 a.m., 12 p.m., 2 p.m., 4 p.m., and 6 p.m.). To obtain results, a GoPro® 5 Black 4K Ultra HD camera was used for recording, and attractability-palatability indices (API) were measured based on behavioral parameters such as time to capture the first pellet, number of pellets consumed, rejections, and approaches. Results suggest that the diet containing 2% enzymatically hydrolyzed chicken feathers (HEP) promoted better performance in terms of weight gain and SGR, without negatively affecting physiological indices or carcass composition. Regarding attractability and palatability, positive behavioral responses were observed at specific feeding times, especially for diets containing 1% and 2% HEP, resulting in higher consumption and lower feed rejection. The inclusion of up to 2% HEP proved to be a viable alternative protein source for the formulation of efficient and sustainable diets for tilapia, contributing to the utilization of these agro-industrial by-products in aquaculture.

Keywords: Functional ingredients; fish nutrition; co-products.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Índice de atratopalatabilidade (%), Número de pelete consumidos (%), Número de rejeição do pelete após captura (quantidade), Número de aproximação sem haver a captura do pelete (quantidade), Tempo de captura do primeiro pelete (segundos), Tempo total de captura (minutos), por tratamentos e horário de (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango.....	17
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela. 1: Composição de ingredientes e nutrientes calculados das diferentes dietas experimentais para tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>). -----	3
Tabela. 2: Desempenho produtivo (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentados com dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango. -----	7
Tabela. 3: Índices Hepatossomáticos (média $\pm$ desvio padrão) juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com as dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango. -----	9
Tabela. 4: Análise bromatológica (média $\pm$ desvio padrão) da carcaça inteira com vísceras de juvenis de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) alimentados com as dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango. -----	10
Tabela. 5: Parâmetros e índices de atratividade e palatabilidade (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentados com dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango. -----	16

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	1
2.1	OBJETIVO GERAL	1
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
3	MATERIAIS E MÉTODOS	2
3.1	FORMULAÇÃO E PROCESSAMENTO DA DIETA EXPERIMENTAL	2
3.2	ENSAIO EXPERIMENTAL DO DESEMPENHO PRODUTIVO	4
3.3	ENSAIO EXPERIMENTAL DA ATRATOPALATABILIDADE	5
3.4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	6
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	6
4.1	DESEMPENHO PRODUTIVO	6
4.2	ATRATIVIDADE E PALATABILIDADE	12
5	CONCLUSÃO	19
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

1 INTRODUÇÃO

Segundo o relatório da FAO (2023), até 2032 a população mundial alcançará o marco de 8,6 bilhões de pessoas, que representará um aumento de 13% na demanda global por alimentos, considerando um aumento significativo na demanda por proteínas de origem animal. O Brasil é amplamente reconhecido como um dos maiores produtores agrícolas do mundo. Segundo o relatório Brazil 2050: A Vision for Global Food Security, o país se estabeleceu como um dos maiores produtores e exportadores globais de alimentos ao longo das últimas décadas, sendo considerado um dos principais celeiros agrícolas do mundo (Atlantic Council, 2023).

A aquicultura tem grande potencial para contribuir com o fornecimento de proteína animal, com um recorde de 223 milhões de toneladas em 2022 em relação à pesca e produção aquícola (FAO, 2025). O sucesso da produção de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem se dado em nível mundial; representando a terceira posição no ranking produtivo, no Brasil, representa o primeiro lugar da espécie mais cultivada (FAO, 2022). Segundo dados da Peixe BR (2025), a produção aquícola brasileira cresceu cerca de 9,2% no último ano, com 968,7 mil toneladas de peixes produzidos, das quais 662.230 toneladas referem-se à tilápia do Nilo (*O. niloticus*), que representa um crescimento de 14,36% para a espécie.

A tilápia do Nilo é uma espécie de boa aceitação no mercado consumidor, devido à ausência de espinhas em “y”, o que facilita a obtenção de filés. Além disso, possui carne branca de sabor agradável e suave, textura firme, além de apresentar boa rusticidade ao manejo, tolerar bem as variações físico-químicas da água (Hayashi, 1999; El-sayed *et al.*, 2005; Kubitza, 2000; Souza, 2002; Meurer *et al.*, 2003; Martín-sánchez *et al.*, 2009; Oliveira Filho *et al.*, 2010). O êxito no cultivo desta espécie está relacionado a diversas características biológicas e zootécnicas favoráveis, como rápido crescimento, resistência a doenças, tolerância a altas densidades de estocagem e a baixos níveis de concentração de oxigênio dissolvido. Ainda, apresenta boa adaptabilidade à utilização de diferentes fontes proteicas, respondendo de forma eficiente tanto à proteína de origem vegetal quanto animal (Moreira *et al.*, 2007; Takishita *et al.*, 2009).

A crescente demanda da atividade aquícola requer ingredientes de alta qualidade capazes de melhorar a performance, o desempenho produtivo, além de acrescentar valor nutricional às dietas (Pastore *et al.*, 2012). A alimentação nos cultivos de peixes representa até 70% dos custos de produção, sendo a principal fonte de alimento (Cyrino *et al.*, 2010; Lovell, 1998). Brito *et al.* (2017) destacam que a nutrição é um dos principais obstáculos, considerando

o maior investimento do setor. Os ingredientes proteicos representam a maior fração desses custos operacionais, sendo a farinha de peixe a principal fonte (Boscolo et al. 2005; Furuya, 2010), que por sua vez tem sua demanda crescente e oferta limitada (Silva *et al.*, 2017).

Desta forma, a aplicação desses coprodutos surgem como solução para o aproveitamento de resíduos (vísceras, sangue, cabeça, penas), decorrentes de processos agroindustriais e ainda para o suprimento da demanda crescente por fontes de nutrientes para animais de cultivo, sendo promissores à substituição (Fracalossi *et al.*, 2012; Dos Santos Cardoso *et al.*, 2021; Mohan & Long 2021), apresentam características de valor biológico e grande interesse industrial na produção de ingredientes em forma de farinhas, óleos e concentrados proteicos (Dieterich *et al.*, 2014; Zanten *et al.*, 2014; Ferreira *et al.*, 2017; Mullen *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2017) que poderão ser adicionados as formulações de dietas para tilápia do Nilo (Sousa *et al.*, 2018). No entanto, esses coprodutos apresentam desequilíbrios de aminoácidos decorrentes do processamento, o que pode ser um fator limitante na aplicação desses ingredientes (Hernandez *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2020).

A avicultura de corte brasileira tem sua produtividade um tanto expressiva segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA (2021), representa cerca de 1,5% do PIB nacional, e produziu mais de 14 milhões de toneladas em 2023 (ABPA, 2025). O consumo global de carne de frango em 2020 representou 98 milhões de toneladas (USDA, 2021), gerando elevadas quantidades de resíduos provenientes do beneficiamento, incluindo vísceras, pedaços de músculos, gordura, ossos, sangue e penas (Ferreira *et al.*, 2017), podendo ser um potencial substituto de baixo custo à farinha de peixe (Ogava *et al.*, 2024). As penas de frango representam até 10% do peso vivo das aves, são ricas em proteínas compostas de queratinas de difícil degradação, mas que, por meio da hidrólise enzimática (Daroit & Brandelli, 2014), podem ser convertidas em ingredientes funcionais de alto valor biológico para dietas de peixes. A queratina é uma proteína estrutural fibrosa, hidrofóbica, devido à formação de ligações dissulfeto e pontes de hidrogênio (Ferraro *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016), confere resistência em relação aos fatores bióticos e abióticos (Callegaro *et al.*, 2018). As penas podem ser descartadas em aterros sanitários (Bose *et al.*, 2014), onde a sua decomposição lenta pode liberar gases tóxicos, como sulfeto de hidrogênio (H₂S) e amônia (NH₃) (Daroit *et al.*, 2011), ou incineradas, que por sua vez, geram alto custo financeiro e possíveis danos à saúde e ao meio ambiente. O processo de transformação em farinha é uma alternativa comum empregada, em que as penas passam por um processo de cozimento por alta pressão e seguido de moagem, o que envolve alta demanda energética e maiores custos, além do processo diminuir a digestibilidade e valor nutritivo ainda

resulta em um produto de baixo valor agregado, mas, muito empregado em dietas animal (Onifade *et al.*, 1998; Kornilłowicz-kowalska & Bohacz, 2011; Li *et al.*, 2013). Como solução para um melhor aproveitamento dessas proteínas presentes nesses coprodutos seria a quebra dessas moléculas, através de hidrólise química ou enzimática. A hidrólise enzimática é capaz de converter a queratina em peptídeos de baixo peso molecular, bioativos e de fácil digestão, com potencial funcional na alimentação animal (Martinez *et al.*, 2020). Diferentemente das hidrólises químicas (ácidas ou alcalinas), esse processo utiliza condições de reações brandas, evitando o uso de reagentes possivelmente nocivos ao ambiente, evitando a degradação excessiva dos nutrientes (Adler-Nissen, 1986). Esses processos são amplamente utilizados nas indústrias de nutrição animal, pois agregam valor comercial e promovem à matéria-prima maior solubilidade, melhora a textura e o poder emulsificante, acrescentando maior capacidade de aplicação no desenvolvimento de produtos (Duarte *et al.*, 1998; Silvestre *et al.*, 2002; Viana *et al.*, 2005; Capobianco *et al.*, 2006). De acordo com Bernardi *et al.* (2016), Toldrá *et al.* (2016), os hidrolisados enzimáticos são altamente benéficos ao consumo, considerados alimentos funcionais, mas a qualidade desses produtos depende diretamente da fonte dos resíduos do grau de hidrólise e do método hidrolítico aplicado (Kotzamanis *et al.*, 2007). A quebra do hidrolisado gera compostos nitrogenados de baixo peso molecular, importantes como atrativos alimentares que, quando identificados pelo sistema gustatório dos peixes, influenciam nas respostas comportamentais, favorecendo o consumo imediato do alimento (Broggi *et al.*, 2017; Alves *et al.*, 2020; Oliveira *et al.*, 2022). O uso de hidrolisados proteicos tanto de origem animal quanto vegetal, além do destaque como alternativa nutricional, vem apresentando bons resultados na atratopalatabilidade de dietas oferecidas a organismos aquáticos, contribuindo diretamente na aceitação alimentar (Halim *et al.*, 2016; Chotikachinda *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2017).

No entanto, durante a catalise, em que ocorre a liberação de grupamentos hidrofóbicos das moléculas, tem como desvantagem o surgimento de sabor amargo durante esse processo (Kristinsson, 2006), podendo ser um fator limitante ao uso disseminado e ainda pode influenciar negativamente na atratividade e palatabilidade dos produtos (Minagawa *et al.*, 1989; Saha & Hayashi, 2001). Sendo assim, a formulação de dietas eficientes de alta atratopalatabilidade deve considerar o valor nutricional e propriedades organolépticas atrativas, como odor e sabores agradáveis, que influenciam na detecção e aceitação pelos peixes (Alves *et al.*, 2019). A atratividade alimentar tem início quando o animal identifica estímulos químicos no ambiente, ou seja, tem a percepção dos estímulos, que desencadeiam o comportamento alimentar

caracterizado pelo movimento em direção ao alimento após sua detecção sensorial (Al-sout *et al.*, 2019; Pastore *et al.*, 2013). Considerando o potencial dos hidrolisados proteicos de origem animal como ingredientes alternativos para a nutrição aquícola, este estudo teve por objetivo avaliar o desempenho produtivo, bem como a atratividade e palatabilidade alimentar de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o desempenho produtivo e a atratividade e palatabilidade de juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em dietas com diferentes níveis de inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango da BRF *Ingredients*®.

2.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar a inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*);
- ✓ Avaliar o desempenho produtivo e índices viscerossomáticos dos juvenis, observando a influência do hidrolisado enzimático nas dietas experimentais;
- ✓ Realizar análises bromatológicas dos juvenis alimentados com as diferentes dietas;
- ✓ Avaliar a atratividade e palatabilidade de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com as diferentes dietas, observando os horários da frequência alimentar.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O processamento das rações, bem como os ensaios experimentais, foi realizado no Laboratório de Aquicultura do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura – GEMAQ, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, *Campus* Toledo-PR.

3.1 Formulação e processamento da dieta experimental

Três dietas isoproteicas (36% proteína bruta - PB) foram elaboradas e formuladas no programa Supercrack[®], para juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) com diferentes níveis de inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango fornecido pela BRF Ingredients[®]. As dietas foram elaboradas conforme as exigências nutricionais da espécie (Furuya, 2010). A dieta controle sem a inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP 0%), outras duas dietas com a inclusão de HEP 1% e HEP 2% de hidrolisado enzimático de penas de frango, todas com 32% de proteína digestível (PD) e 3200 kcal/kg de energia digestível (ED) (Tabela 1).

Os macrosíngredientes foram inicialmente separados e pesados, e em seguida, foi realizada a moagem em moinho tipo martelo (modelo MCs 280, marca Vieira Moinhos e Martelo, Tatuí-SP, Brasil), com o uso de peneiras de 0,6 e posteriormente 0,3 milímetros de diâmetro respectivamente, em sequência os micronutrientes foram adicionados as dietas, a homogeneização dos ingredientes foi realizada em Betoneira 400L 2CV 4 Polos Monofásica. Após a homogeneização, as dietas foram processadas em extrusora (EX-MICRO[®], marca Extec Máquinas, Ribeirão Preto - SP, Brasil), com matriz de 1,5 milímetros de diâmetro, e adição de 24% de água às dietas. De posse das rações processadas, estas foram secas em estufa (TE-394/3-D, marca Tecnal Equipamentos Científico para Laboratórios, Piracicaba - SP, Brasil) com circulação de ar forçado em temperatura de 55°C, por 24 horas, em sequência foi aspergido o óleo de soja com o auxílio de motocompressor de ar direto, nas rações em Betoneira, por fim, embaladas em pacotes plásticos e armazenadas para a condução do experimento.

Tabela 1: Composição de ingredientes e nutrientes calculados das diferentes dietas experimentais para tilápia do Nilo (*O. niloticus*).

Ingredientes	Dietas			Nutrientes calculados (%)			
	HEP 0%	HEP 1%	HEP 2%	PROTEINA BRUTA (%)	36 PB	36 PB	36 PB
Milho grão	2986,98	3095,22	3198,12	Proteína digestível (%)	32,44	32,4	32,35
Farelo de soja 45%	2793,39	2581,08	2343,12	Energia digestível Kcal/kg	3300	3300	3300
Farelo de trigo	1000,00	1000,00	1000,00	Amido (%)	25,3	25,72	26,07
Farinha de vísceras de aves	1500,00	1500,00	1500,00	Gordura (%)	7,00	7,00	7,00
Farinha de hemácias hemoglobina	0,500	0,500	0,500	Fósforo (%)	0,90	0,90	0,92
Farinha de penas	0,500	0,500	0,500	Cálcio (%)	1,04	1,06	1,10
Farinha de carne e ossos	250,04	261,23	298,52	Arginina total (%)	2,34	2,32	2,31
HEP penas BRF	0	100	200	Feni.+Tiros. Total (%)	2,88	2,87	2,86
Óleo de soja	252,84	241,66	235,12	Histid. Total (%)	1,05	1,04	1,02
Premix de peixe	80,00	80,00	80,00	Isoleu. Total (%)	1,32	1,32	1,31
Sal comum	50,00	50,00	50,00	Leucina total (%)	3,09	3,09	3,09
L-Treonina	31,67	31,81	32,04	Lisina total (%)	2,16	2,16	2,16
DL-Metionina	30,94	31,31	31,68	Met.+cist. Total (%)	1,42	1,42	1,44
L-Lisina HCL	12,63	16,20	19,90	Metionina total (%)	0,80	0,80	0,80
Antifúngico	10,00	10,00	10,00	Treonina total (%)	1,72	1,72	1,72
Antioxidante	1,5	1,5	1,5	Triptofano total (%)	0,39	0,38	0,37
Total	10000	10000	10000	Valina total (%)	2,03	2,07	2,10

Níveis de garantia: Vitamina A (mín.) 2.000.000UI/kg, vitamina D3 (mín.) 640.000UI/kg, vitamina E (mín.) 2.400UI/kg, vitamina K3 (mín.) 680mg/kg, vitamina B1 (mín.) 400mg/kg, vitamina B2 (mín.) 1.000mg/kg, vitamina B6 (mín.) 1.200mg/kg, vitamina B12 (mín.) 4.000mcg/kg, vitamina C (mín.) 40g/kg, niacina (mín.) 9.000mg/kg, ácido pantotênico (mín.) 3.000mg/kg, ácido fólico (mín.) 400mg/kg, biotina (mín.) 35mg/kg, manganês (mín.) 14g/kg, zinco (mín.) 11g/kg, ferro (mín.) 10g/kg, cobre (mín.) 2.000mg/kg, iodo (mín.) 200mg/kg, cobalto (mín.) 40mg/kg, selênio (mín.) 40mg/kg, B.H.T (mín.) 300mg/kg. .

3.2 Ensaio experimental do desempenho produtivo

Foram utilizados ao todo 360 juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) com peso médio de $9,0 \text{ g} \pm 1,0 \text{ g}$. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com três tratamentos e quatro repetições totalizando 24 aquários de polietileno com 120 litros de volume útil, contendo 15 juvenis/aquário. Foram adotadas quatro frequências alimentares ao dia (às 8h, 11h, 14h e 17h) até a saciedade aparente. A limpeza dos aquários e do filtro foi realizada diariamente, com renovação de 30% do volume de água. Os parâmetros físico-químicos da qualidade da água foram monitorados regularmente: oxigênio dissolvido (OD: $4,9 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$) e pH ($7,2 \pm 0,01$) foram mensurados semanalmente com o uso de equipamento multiparâmetro modelo YSI® Professional Series; a temperatura ($28,7 \pm 0,3^\circ\text{C}$) foi mensurada diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio. A amônia ($0,29 \pm 0,05 \text{ ppm}$), nitrito ($0,4 \pm 0,001 \text{ ppm}$) e dureza branda foram avaliados a cada 3 dias, através de kit colorimétrico da marca LabconTest®, mantendo-se dentro dos padrões recomendados por Arana (2004), para a produção de peixes de água doce. Os animais foram submetidos a um fotoperíodo de 12 horas com o uso de time temporizador.

Ao final do experimento, os peixes foram coletados para análise de desempenho produtivo. Os exemplares foram anestesiados em eugenol 75 mg/L^{-1} conforme Deriggi *et al.* (2006), medidos com régua métrica e pesados individualmente por meio de balança digital ($0,01 \text{ g}$). Os seguintes parâmetros foram avaliados: peso inicial (g) (PI); peso médio final (g) (PMF); comprimento total inicial (cm) (CI); comprimento padrão inicial (cm) (CPI); comprimento total médio final (cm) (CTMF); comprimento padrão médio final (cm) (CPMF); ganho em peso (g) (GP); ganho em peso diário (g) (GPD); conversão alimentar (g) (CAA); taxa de crescimento específico % (TCE); sobrevivência % (S).

Para a avaliação dos índices hepatossomáticos, foram separados quatro peixes por aquário ($n=16$ peixes por tratamento) e eutanasiados com eugenol 300 mg/L (Neu *et al.*, 2017). Avaliaram-se os índices hepatossomáticos (%) (IHS); comprimento do intestino (cm) (CI), gordura visceral (%) e índices viressomáticos (IGV), conforme (Okamura *et al.*, 2010, NRC, 2011). Para análises bromatológicas, quatro peixes inteiros foram armazenados em freezer a (-20°). Posteriormente, determinarão-se os teores de matéria seca (MS), matéria mineral % (MM), proteína bruta % (PB), e extrato etéreo % (EE) de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2004). Os estudos foram submetidos e aprovados pelo comitê de ética para uso de animais: Protocolo 43-19.

3.3 Ensaio experimental da atratopalatabilidade

A unidade experimental consistiu em 12 aquários de vidro temperado com capacidade de 22 litros, equipados com tampa de vidro com um orifício central circular (cinco centímetros de diâmetro), para facilitar a administração das dietas. As laterais dos aquários foram revestidas com poliestireno (EVA Branco), para evitar interação entre os indivíduos analisados. Para registro do comportamento alimentar, foi instalada uma estrutura móvel de compensado naval branca com orifício central em frente a cada aquário, permitindo a fixação da câmera fotográfica (Go Pro® 5 Black 4K Ultra HD). Cada aquário foi munido individualmente com aeração, aquecedor, filtragem mecânica e termostato, enquanto para o controle de fotoperíodo foram determinadas por meio de timer temporizador, 12 horas claras e 12 horas escuras.

Dando início ao experimento, foram distribuídos de forma aleatória em delineamento inteiramente casualizado. Foram utilizados 12 juvenis de tilápia do Nilo com peso médio inicial de $7,54 \pm 0,39$ gramas, e comprimento padrão e total de $6,18 \pm 0,16$ e $7,73 \pm 0,20$ centímetros, respectivamente. Os animais foram submetidos a um período de adaptação e treinamento, de 8 dias, alimentando-se da dieta controle seis tratos diários (8h, 10h, 12h, 14h, 16h, 18h), para a definição do número de péletes. Os parâmetros físico-químicos da água, como oxigênio dissolvido (OD: $5,3 \pm 0,4$ mg L⁻¹); pH ($7,74 \pm 0,02$), foram mensurados a cada três dias, com o uso de equipamento multiparâmetro modelo YSI® Professional Series. A temperatura da água ($28,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$) foi mensurada diariamente com termômetro de bulbo de mercúrio. Enquanto a (amônia, 0,25 ppm; nitrito, 0,3 ppm e dureza, branda), foram coletados através de kit colorimétrico da marca LabconTest® também a cada três dias. Ao longo do experimento, foram realizadas trocas parciais da água dos aquários, cerca de 30% a cada cinco dias.

Após o período de adaptação, os peixes receberam seis dietas experimentais ao longo do dia; a distribuição das mesmas foi realizada na forma de sorteio, sendo ofertados 20 péletes (1,5 mm) por trato alimentar. A observação do comportamento foi realizada por meio de filmagem de três minutos, iniciada quando os péletes tocaram a água. Foram realizadas 72 filmagens por dia (12 peixes x 6 horários), totalizando 864 registros em 12 dias de experimentos.

A análise comportamental de atratopalatabilidade foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Kasumyan e Morsi (1996), Kasumyan e Doving (2003), Kasumyan e Sidorov (2012) e adaptada por Alves *et al.* (2019). O índice de atratopalatabilidade (IAP) foi obtido conforme o modelo matemático proposto por Hattori *et al.* (2023), considerando o tempo de captura total de pelete ofertados, tempo de captura do primeiro pelete, número de ingestão e

rejeição de pelete, tempo de filmagem e número total de peletes ofertados. A equação do índice de atratividade e palatabilidade (IAP) foi:

$$IAP = \frac{1}{3} (P_{TCP} + P_{CP} + P_{TCT}) - P_{NRP}$$

3.4 Análises estatísticas

Com base no desempenho produtivo, os dados obtidos foram primeiramente testados para normalidade usando o teste de Lilliefors e para homogeneidade de variâncias usando o teste de Bartlett. Uma vez que essas suposições foram atendidas, uma análise de variância unidirecional (ANOVA) foi realizada em um nível de significância de 5%. Quando diferenças foram detectadas ($p < 0,05$), comparações post hoc foram conduzidas usando o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas usando o software SPSS (Statistical Program for Social Science, versão 23.0; Chicago, IL, EUA).

Em relação à atratopalatabilidade, os resultados foram avaliados quanto à normalidade (Shapiro-Wilk) e à homogeneidade das variâncias (teste de Levene); em seguida, foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quanto ao teste de comparação de médias, foi realizado o teste de Tukey a um nível de 5% de significância. As análises foram obtidas com o auxílio do software Statistic 7.1®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho produtivo

Em relação ao desempenho produtivo (Tabela 2), pode-se observar que os peixes alimentados com a dieta contendo 2% de (HEP) apresentaram melhor desempenho em relação ao crescimento. O peso médio final foi maior nos peixes alimentados com a dieta 2% (HEP) ($77,18 \pm 0,54$ g), resultou também em maior ganho de peso (GP) ($67,21 \pm 0,65$ g) e taxa de crescimento específico (TCE) ($5,39 \pm 0,09$ cm), com diferença estatística significativa. Em relação às medidas de comprimento, o comprimento final padrão (cm) (CTMF) não houve diferença significativa e para o comprimento padrão médio final (cm) (CPMF) houve tendência de aumento no grupo dos peixes alimentados com 2% de hidrolisado.

Tabela. 2: Desempenho produtivo (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com dietas com hidrolisado enzimático de penas de frango.

Desempenho produtivo de tilápia do Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)					
Parâmetros	HEP+0%	HEP+1%	HEP+2%	Valor de p	CV (%)
¹ PI (g)	9,87 $\pm$ 0,13	9,78 $\pm$ 0,49	9,96 $\pm$ 0,39		
² PF (g)	64,13 $\pm$ 1,18 b	62,46 $\pm$ 2,88 b	77,18 $\pm$ 0,54 a	0,001	3,79
³ CI (cm)	8,12 $\pm$ 0,19	8,2 $\pm$ 0,15	8,25 $\pm$ 0,15		
⁴ CPI (cm)	6,50 $\pm$ 0,25	6,58 $\pm$ 0,21	6,50 $\pm$ 0,05		
⁵ CTMF (cm)	14,38 $\pm$ 0,34	14,00 $\pm$ 0,40	14,72 $\pm$ 0,36	0,194	3,59
⁶ CPMF (cm)	11,75 $\pm$ 0,18 ab	11,75 $\pm$ 0,34 b	11,98 $\pm$ 0,29 a	0,045	3,41
⁷ GP (g)	54,26 $\pm$ 1,19 b	52,66 $\pm$ 2,42 b	67,21 $\pm$ 0,65 a	0,001	3,82
⁸ GPD (g dia ⁻¹)	1,42 $\pm$ 0,03 b	1,38 $\pm$ 0,03 b	1,76 $\pm$ 0,09 a	0,001	3,82
⁹ CAA	0,87 $\pm$ 0,05 a	0,93 $\pm$ 0,11 a	0,78 $\pm$ 0,06 a	0,12	11,00
¹⁰ TCE (%)	4,92 $\pm$ 0,06 b	4,87 $\pm$ 0,03 b	5,39 $\pm$ 0,09 a	0,001	1,94
¹¹ CR (%)	709,98 a	734,04 a	789,39 a		
¹² SO (%)	94,99 $\pm$ 5,0 a	88,88 $\pm$ 5,56 a	93,33 $\pm$ 6,67 a	0,518	8,13

¹Peso inicial (PI), ²peso final (PF), ³comprimento inicial (CI), ⁴comprimento padrão inicial (CPI), ⁵comprimento médio final (CTMF), ⁶comprimento médio padrão final (CPMF), ⁷ganho de peso (GP), ⁸ganho de peso diário (GPD), ⁹conversão alimentar aparente (CAA), ¹⁰taxa de crescimento específico (TCE), ¹¹consumo de ração (CR), ¹²sobrevivência (SO) Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$). Valor de p determinado por Análise de Variância (ANOVA); Coeficiente de variação (CV).

Os resultados encontrados demonstraram que a inclusão de hidrolisado de penas em baixos níveis pode estimular o crescimento dos juvenis de tilápia do Nilo, sem gerar prejuízos ao desempenho alimentar. O índice de conversão alimentar aparente (CAA) médio variou de 0,78 a 0,93 sem diferenças estatísticas entre as dietas, indicando eficiência alimentar nos diferentes tratamentos. Os resultados obtidos sugerem estar de acordo com os dados encontrados por Paula et al. (2024), onde observou melhora no desempenho zootécnico de juvenis de tilápias alimentados com inclusão de hidrolisados proteicos de fígado de aves, também observaram melhora no peso final e ganho de peso, sem alteração significativa na conversão alimentar (Paula *et al.*, 2024). De modo semelhante, hidrolisados de pescado também se mostraram benéficos, por Kabir et al. (2024) em que relataram que a suplementação de 2% de hidrolisado de peixe nas dietas melhorou o crescimento e o consumo da ração, além de melhora na saúde e resistência a doenças das tilápias analisadas. Foi investigado em tilápia vermelha que a inclusão de até 12% de farinha de penas hidrolisada não comprometeu o crescimento ou a conversão alimentar, gerando efeitos positivos em todos os parâmetros de desempenho avaliados. Esses autores inclusive relataram que níveis acima de 6% de hidrolisado elevaram o teor de proteína e gordura corporal da tilápia, mas que mantiveram alta taxa de

sobrevivência e consumo de ração adequado (Nursinatrio & Nugroho, 2019). Santos (2020), em estudo semelhante com proteína hidrolisada de aves e suínos, destacou incrementos positivos na taxa de crescimento específico (TCE) e eficiência alimentar de tilápias, associando esses resultados à elevada digestibilidade e absorção dos peptídeos presentes nos hidrolisados.

Da mesma forma, Silva (2014), ao utilizar hidrolisado proteico de resíduo de pescado em dietas para juvenis de tilápia, relatou aumento significativo no peso final e ganho de peso, corroborando os resultados encontrados neste trabalho e sugerindo que hidrolisados proteicos são eficazes como promotores de crescimento dos peixes. Um estudo realizado por Herivelto (2024) demonstrou benefícios adicionais no uso de hidrolisados, como propriedades antioxidantes e imunológicas, além de uma composição favorável de aminoácidos essenciais e não essenciais, destacando a relevância desses ingredientes. No presente estudo, a taxa de sobrevivência dos peixes permaneceu entre 88 e 95% sem diferenças significativas entre os tratamentos, corroborando o experimento realizado onde o desempenho produtivo foi satisfatório em peixes alimentados com até 2% de hidrolisado de penas de frango, sem efeitos negativos sobre a sobrevivência (Xavier, 2022).

Trabalhos na literatura reforçam que hidrolisados proteicos de origem animal podem atuar como aditivos nutricionais favoráveis ao crescimento. Franco et al. (2021), avaliaram pós-larvas de tilápia alimentadas com hidrolisado de fígado de aves, e demonstraram melhora significativa no ganho de peso e crescimento com inclusões de 2% e 8%, em comparação à dieta (controle) sem hidrolisado. Os benefícios dos hidrolisados são frequentemente atribuídos à presença de peptídeos bioativos que estimulam o apetite e a melhora da conversão alimentar, bem como os índices relacionados ao desempenho, dados aos nutrientes presentes nos hidrolisados (Lafarga & Hayes, 2014). No entanto, é importante ressaltar que níveis excessivos de inclusão podem ter efeito contrário. Conforme destacado por Martínez-Álvarez et al. (2015), em sua revisão, demonstra que deve haver um limite na inclusão dessa matéria-prima, pois níveis altamente elevados podem prejudicar a eficiência alimentar e o crescimento, possivelmente devido aos desequilíbrios de aminoácidos ou excesso de peptídeos de baixo peso molecular (Martínez-Álvarez *et al.*, 2015).

No estudo em questão, o nível máximo testado foi de 2%, estando inferior às inclusões já testadas em outras pesquisas, podendo estar dentro de uma faixa segura para fins de benefícios zootécnicos. Boscolo et al. (2024) avaliaram larvas de tilápia do Nilo alimentadas com dieta controle a 5% de hidrolisado de penas, observaram melhoras significativas no desempenho zootécnico em todos os tratamentos com hidrolisado, recomendando 2% de

inclusão para um melhor desempenho na fase larval, ressaltando também a necessidade de monitorar respostas metabólicas ao longo do tempo. Já Peron et al. (2020), trabalhando com alevinos de média uma (grama) e hidrolisado proteico comercial de aves e suínos (AminEAU Tilápia®), demonstraram que o nível ótimo de 0,6% de inclusão pode melhorar o ganho de peso e comprimento, além de melhorar a resistência ao estresse por exposição ao ar. Sugerindo que em fases iniciais, doses menores de hidrolisado podem ser suficientes para obter benefícios, provavelmente devido à elevada sensibilidade nutricional dos alevinos. Em contrapartida, nesse experimento com juvenis de média 10 (gramas), a maior inclusão testada (2%) promoveu o melhor crescimento, sem sinais de platô dentro da faixa avaliada. É possível que tilápias maiores tolerem e aproveitem níveis maiores de inclusão de hidrolisado antes de atingir a saturação.

Tabela. 3: Índices Hepatossomáticos (média $\pm$ desvio padrão) juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com as dietas com hidrolisado enzimático de penas de frango.

Índices Hepatossomáticos					
Parâmetros	HEP+0%	HEP+1%	HEP+2%	Valor de p	CV (%)
CI (cm)	76,8 $\pm$ 11,76	77,09 $\pm$ 3,09	90,15 $\pm$ 9,91	0,215	13,85
PRI (g)	4,81 $\pm$ 0,47	5,43 $\pm$ 0,95	5,74 $\pm$ 0,50	0,381	16,97
IHS (%)	1,90 $\pm$ 0,24	1,95 $\pm$ 0,24	1,80 $\pm$ 0,13	0,774	15,72
IGV (%)	0,69 $\pm$ 0,14	0,56 $\pm$ 0,07	0,67 $\pm$ 0,07	0,298	18,56

¹Comprimento do intestino (CI), ²Peso relativo do intestino (PRI), ³Índice hepatossomáticos (IHS), ⁴Índice de gordura visceral (IGV). Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$). Valor de p determinado por Análise de Variância (ANOVA); Coeficiente de variação (CV Fonte: Dados da pesquisa.

No que tange aos índices somáticos (Tabela 3), não houve efeito significativo da inclusão de hidrolisado de penas sobre o tamanho relativo do fígado ou a deposição de gordura visceral nos peixes. O índice hepatossomáticos (IHS) variou entre 1,8 e 1,9% (relação peso do fígado/peso vivo), sem diferença estatística entre os tratamentos. De forma similar, o índice de gordura visceral (IGV) médio variou entre aproximadamente 0,56% e 0,69% do peso do animal, não apresentando diferenças significativas entre os peixes alimentados com os diferentes níveis de inclusão. Esses resultados indicam que, independentemente do nível de hidrolisado na dieta, os peixes mantiveram proporções normais de fígado e gordura interna, sugerindo que o metabolismo energético e o desempenho nutritivo não foram alterados de forma relevante.

A composição bromatológica (Tabela 4) da carcaça inteira dos peixes ao final do experimento foi semelhante entre os tratamentos. Os resultados indicam que não houve

diferenças estatísticas nos tratamentos para os teores de proteína (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM). O teor de proteína bruta nos peixes variou entre 54,9% e 59,4% (base na matéria seca). Da mesma forma, o teor de extrato etéreo (gordura corporal) permaneceu em torno de 23 a 27% (base na matéria seca) em todos os tratamentos, sem diferenças significativas. No geral, pode-se afirmar que não houve influência na composição bromatológica das tilápias alimentadas com a inclusão do hidrolisado de penas até o nível de 2%. Todos os peixes apresentaram composição corporal compatível com a esperada para juvenis da espécie.

Tabela. 4: Análise bromatológica (média $\pm$ desvio padrão) da carcaça inteira de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com as dietas com hidrolisado enzimático de penas de frango.

Análise bromatológica de tilápias alimentadas com hidrolisado enzimático de penas					
Parâmetros	HEP+0%	HEP+1%	HEP+2%	Valor de p	CV (%)
PB (%)	57,26 $\pm$ 0,98	59,38 $\pm$ 3,57	54,91 $\pm$ 4,54	0,415	7,93
EE (%)	25,68 $\pm$ 0,75	23,41 $\pm$ 2,60	26,80 $\pm$ 1,02	0,127	8,43
MM (%)	12,59 $\pm$ 0,15	14,34 $\pm$ 1,61	15,04 $\pm$ 1,03	0,077	9,72

¹Proteína bruta (PB), ²Extrato etéreo (EE) ³Matéria Mineral (MM). Valores médios na mesma linha, com letras diferentes, são significativamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($\alpha = 0,05$). Valor de p determinado por Análise de Variância (ANOVA); Coeficiente de variação (CV).

Fonte: Dados da pesquisa.

Sendo assim, os resultados obtidos indicam que a inclusão de hidrolisado enzimático de penas (HEP) na dieta melhorou o desempenho produtivo dos juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), a nível de 2%. Resultados semelhantes foram reportados por Guerra et al. (2023), que observaram aumento significativo na taxa de crescimento específico em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) alimentados com dietas contendo 2% de hidrolisado proteico de frango. Isto sugere que peptídeos bioativos presentes em hidrolisados proteicos podem atuar diretamente no metabolismo dos peixes, melhorando o aproveitamento nutricional e resultando em ganho de peso e crescimento corporal (Fernandes et al., 2023). De acordo com Costa et al. (2022), que avaliaram hidrolisados de origem animal em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com níveis moderados de inclusão, até 5% tendem a otimizar o crescimento sem causar efeitos negativos, corroborando os resultados do estudo em questão, reforçando que a inclusão até 2% pode ser eficaz. Os resultados obtidos dos índices hepatossomáticos (IHS) e viscerossomáticos (IGV) observados estão de acordo com outros estudos que investigaram dietas com fontes proteicas alternativas em tilápia do Nilo. Mahariawan et al. (2024), por exemplo, ao avaliarem tilápias alimentadas com dietas vegetarianas suplementadas com um aditivo energético, relataram que todos os peixes apresentaram IHS e VSI dentro da normalidade e sem diferenças marcantes entre os

tratamentos, indicando boa adaptação metabólica às dietas testadas. Carvalho (2019), avaliou dietas contendo hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno, não identificando alterações significativas nesses índices.

Quanto aos índices hepatossomáticos dos resultados encontrados por Xavier (2022), em que a inclusão de hidrolisado de penas não resultou em alterações significativas, permanecendo os índices próximos de 1,8 e 1,9%, sugerindo uma estabilidade metabólica adequada não impactando negativamente a fisiologia hepática dos animais. Ogava (2023), ao estudar a inclusão de hidrolisado de subprodutos de frango encapsulado na alimentação de tilápias, também relatou ausência de alterações significativas no IHS e IGV, corroborando os achados deste estudo e sugerindo que o hidrolisado enzimático de penas não interfere de maneira negativa no metabolismo energético dos peixes. Dados similares foram reportados por Gonçalves et al. (2022), que não observaram variações significativas nesses índices em tilápias alimentadas com hidrolisado proteico de resíduos de pescado. Segundo esses autores, baixos níveis de inclusão de hidrolisados são geralmente metabolizados de maneira eficiente, sem impactar negativamente o funcionamento hepático ou acumular gordura visceral excessiva. De acordo com Lopes et al. (2023), enfatiza que hidrolisados proteicos não alteram significativamente a fisiologia hepática desde que a inclusão seja controlada.

De modo geral, quando as dietas são isoproteicas e isoenergéticas, se esperam poucas variações em relação ao tamanho relativo do fígado e ao acúmulo de gordura visceral, a menos que o ingrediente alternativo acrescido provoque desbalanços nutricionais ou metabólicos. Gonçalves et al. (2017), por exemplo, observaram que níveis elevados de glicerol na ração (até 24%) não afetaram o IHS de tilápias, corroborando a ideia de que o equilíbrio funcional do fígado se mantém estável sob ampla faixa de formulações desde que as exigências básicas sejam atendidas. No contexto dos hidrolisados proteicos, Paula et al. (2024), não encontraram alterações nos pesos relativos de fígado ou vísceras em juvenis de tilápia alimentados com até 6% de hidrolisado de fígado de aves, reforçando que inclusões moderadas desses coprodutos não causam desequilíbrio, nem acúmulo anormal de gordura. Sendo assim, os resultados obtidos indicam que o hidrolisado de penas, em até 2% da ração, não gerou sobrecarga ao metabolismo hepático nem alterou a deposição de gordura visceral, sugerindo bom aproveitamento dos ingredientes pelos peixes, sem efeitos colaterais no organismo.

A ausência de diferenças na composição bromatológica entre os tratamentos foi semelhante aos resultados encontrados por Paula et al. (2024), no uso de hidrolisado de fígado de aves em juvenis tilápia do Nilo, não encontrando alterações significativas nos teores

corporais de proteína, gordura ou cinzas entre as diferentes inclusões de hidrolisado. Esse padrão de uniformidade na composição também foi observado por outros autores ao utilizarem ingredientes proteicos alternativos. Níveis moderados de substituição da farinha de peixe por fontes não convencionais tendem a preservar a composição química dos peixes, desde que as necessidades nutricionais sejam atendidas (Peron *et al.*, 2020). Segundo Peron *et al.* (2023), a estabilidade na composição bromatológica é esperada quando a dieta mantém os requisitos nutricionais básicos da espécie, demonstrando eficiência nutricional.

Nursinatrio & Nugroho (2019) verificaram que tilápias alimentadas com até 6% de farinha de penas hidrolisada mantiveram percentuais de proteína e lipídios corporais semelhantes aos do controle, diferindo apenas em níveis muito elevados (acima de 6%), diferenças atribuídas possivelmente ao maior aporte de aminoácidos de rápida absorção nesses tratamentos. Xavier (2022) também relatou composições nutricionais satisfatórias em dietas contendo até 5% de hidrolisado proteico de penas, com destaque para melhores respostas zootécnicas na inclusão de 1%, evidenciando a importância de dosagens adequadas para otimizar os resultados produtivos. Essa variação dos resultados bromatológicos indica que o hidrolisado enzimático de penas foi metabolizado adequadamente como fonte proteica, sem provocar acúmulo excessivo de gordura ou alterações na retenção de proteína nos tecidos dos peixes. Resultados positivos foram descritos por Almeida *et al.* (2023), que avaliaram dietas com inclusão de hidrolisado proteico vegetal e animal em tilápias, sem alterações significativas na composição de proteína, lipídios ou matéria mineral

4.2 Atratividade e palatabilidade

A atratividade e a palatabilidade são parâmetros fundamentais na formulação de dietas na aquicultura e podem afetar diretamente o desempenho produtivo dos peixes. No presente estudo observou-se que a inclusão do hidrolisado enzimático de penas (HEP) influenciou positivamente o comportamento alimentar dos juvenis, especialmente nos horários de maior atividade. Estudos realizados anteriormente sugerem que as diferentes espécies de peixes são atraídas por diferentes misturas de aminoácidos, indicando que nem todos são aceitos e palatáveis por todas as espécies (Yacoob & Browman, 2007; Hara, 2011), e que a aceitação ou rejeição dos peletes está diretamente relacionada à capacidade sensorial dos peixes em detectar e reconhecer substâncias presentes, tendo a percepção de agradável ou não ao paladar, de forma a ingerir ou recusar o alimento quando desejável (Pereira da Silva; Pezzato, 2000a, 2000b; Lokkeborg *et al.*, 2014; Olsen; Lundh, 2016; Moraes, 2016). Os resultados apresentados no

presente exposto demonstraram diferenças na atratopalatabilidade entre as dietas nos horários testados, assim como os resultados obtidos por (Carmona, 2024) sugerem em seu estudo com tilápia do Nilo (*O.niloticus*) que os horários influenciaram no tempo de captura do primeiro pellet, no tempo gasto e aproximações sem captura dos pellets. A dieta controle (HEP 0%) apresentou maior índice de atratividade às 8h (88,25%) e às 14h (82,97%), valores semelhantes aos encontrados por Alves et al. (2019), que apresentaram variações na atratividade conforme horários específicos relacionados à fisiologia alimentar das espécies. Carmona (2024) encontrou diferenças significativas em relação ao índice de atratopalatabilidade (IAP) de alevinos de dourado (*Salminus brasiliensis*) em que o horário influenciou também o tempo gasto para o consumo total, consumo de pellets e rejeição. Entretanto, os maiores índices de atratividade e palatabilidade (IAP) foram registrados para a dieta com 2% de HEP nos horários de 10h (84,59%) e 12h (74,64%) a dieta com 2% de inclusão (HEP 2%) indicando influência do horário sobre o comportamento alimentar. Referente aos horários das 10h e 12h, a dieta com 2% de inclusão (HEP 2%) apresentou índices de atratividade (84,59% e 74,64%), respectivamente, sugerindo que a maior concentração do hidrolisado pode estimular uma melhor resposta alimentar nestes horários intermediários do dia, similar ao observado por Kabir et al. (2024), que identificaram aumento significativo da ingestão em horários próximos ao meio-dia em dietas suplementadas com hidrolisados proteicos. No horário das 18h, o tratamento HEP 1% apresentou atratividade de (96,20%) em relação ao HEP 0% (73,72%).

Em relação aos péletes consumidos, mantiveram-se elevados entre todos os tratamentos e horários, com variações de $(80,60 \pm 4,76)$ a $(99,70 \pm 1,08)$ sem diferenças significativas, sugerindo que a inclusão de hidrolisado enzimático de penas (HEP) não comprometeu o consumo. Contudo, houve diferenças estatísticas, no horário das 14h para os diferentes tratamentos, com menor consumo registrado para a dieta HEP 2% (81,80%) (Tabela 5), indicando uma possível redução da atratividade nesse período. No horário das 18h, a dieta com 1% de inclusão apresentou o maior IAP de (96,20%) comparado ao tratamento controle (HEP 0%), que obteve apenas 73,72% no mesmo horário, sugerindo possível efeito palatabilizante em horários de maior motivação alimentar. Segundo Oliveira et al. (2023), a palatabilidade é diretamente influenciada pela qualidade dos ingredientes proteicos. Em tilápia, a aceitação alimentar de dietas com ingredientes hidrolisados tende a permanecer semelhante à de dietas tradicionais, desde que as proporções estejam dentro do limite de tolerância para proteínas alternativas (Xavier et al., 2019).

A rejeição dos peletes foi maior no tratamento controle (HEP 0%) em alguns horários, como às 10h ($3,31 \pm 4,73$), às 12h ($3,25 \pm 1,68$), às 14h ($3,63 \pm 5,30$) e às 18h ($1,56 \pm 2,36$), enquanto os tratamentos de (HEP 2%) e (HEP 1%) apresentaram menores resultados de rejeição, ao longo do dia, sugerindo maior aceitação sensorial das dietas. Os resultados demonstram diferenças estatísticas no horário das 18h entre os tratamentos, avaliados (HEP 0%) (HEP 1%) (HEP 2%), respectivamente, ($0,00 \pm 0,00$), ($0,04 \pm 0,08$), ($1,56 \pm 2,36$). Carmona (2024) traz em seu estudo que dietas contendo peptídeos livres e aminoácidos resultam em menor rejeição em tilápias e outros peixes onívoros, possivelmente devido à rápida identificação de substratos proteicos de fácil digestão. Portanto, definir os horários e a frequência alimentar são importantes para otimizar a absorção e a digestibilidade dos nutrientes, além de contribuir para a redução das perdas, melhorando as taxas de crescimento dos peixes, contribuindo para sistemas de criação mais eficientes (Wang et al., 1998; Silva et al., 2019; Fava, 2021). Silva *et al.* (2019) relatam que o aumento das rejeições pode estar associado à menor atratividade dos ingredientes e às mudanças comportamentais relacionadas ao período do dia.

O número de aproximações sem captura não apresentou diferenças significativas na maioria dos horários, mantendo resultados relativamente baixos para todos os tratamentos. Mas, no entanto, apresentou diferenças estatísticas no horário das 16h para os tratamentos controle (HEP 0%), (HEP 1%) e (HEP 2%) com resultados de ($1,88 \pm 1,87$), ($1,51 \pm 4,69$), ($3,31 \pm 1,72$) consecutivos, e para o horário 18h, nos tratamentos (HEP 1%), (HEP 2%) e controle (HEP 0%), com resultados de ($0,57 \pm 0,70$), ($1,78 \pm 2,24$), ($2,52 \pm 1,58$). Em experimentos semelhantes, Ribeiro et al. (2020) demonstraram que ingredientes hidrolisados podem despertar o interesse sensorial, mesmo quando não ocorre a captura imediata, mantendo os animais ativos no ambiente. Em relação ao tempo de captura do primeiro pelete, não houve diferenças estatísticas, no entanto, houve variação entre horários e tratamentos, com resultados mínimos de ($1,40 \pm 0,68$) (s) às 8h, para o tratamento com 1% de hidrolisado; e tempo máximo de ($15,52$) (s) para o mesmo tratamento às 12h. Resultados apresentados por Kasumyan e Doving (2003) apontam que o tempo inicial de captura pode ser influenciado pelos fatores ambientais e menos pelas composições das dietas. manteve-se dentro do esperado para juvenis de tilápia em bom estado nutricional. Freitas et al. (2021) identificaram tempos de captura similares ao ofertarem dietas com hidrolisados proteicos a juvenis de tilápia do Nilo, indicando que o ingrediente pode aumentar a velocidade de resposta alimentar. Alves et al. (2019) observaram um tempo médio para a captura do alimento de 0,82 (segundos) e 0,87 (segundos) para a dieta controle no

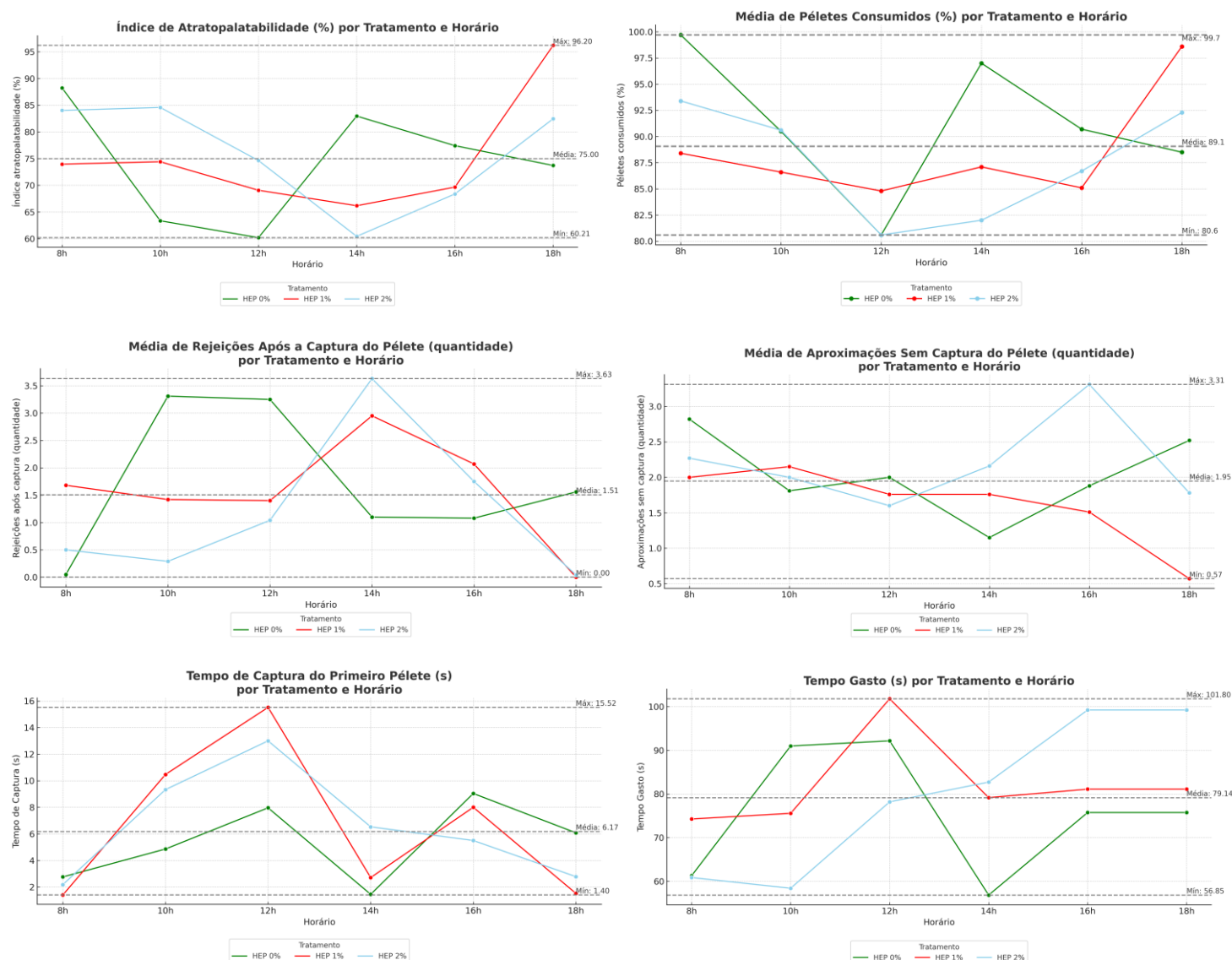
experimento realizado com juvenis de tilápia do Nilo alimentados com hidrolisado proteico de frango, fígado suíno e penas. Reforçando que o comportamento alimentar pode estar sendo influenciado pelo período de maior atividade. O tempo total gasto na alimentação oscilou entre os tratamentos e horários, mas não apresentou diferenças estatísticas; os menores tempos foram registrados nos tratamentos (HEP 0%) às 14h ($56,85 \pm 56,29$) (s) e (HEP 2%) às 8h ($60,86 \pm 65,38$) (s).

Tabela. 5: Parâmetros e índices de atratividade e palatabilidade (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (*O.niloticus*) alimentados com dietas com hidrolisado enzimático de penas de frango.

Índices de Atratopalatabilidade (IAP) de juvenis de tilápia do Nilo (<i>O.niloticus</i>)						
Tratamentos	Índices de atratividade (%)	Péletes consumidos (%)	Número de rejeições após a captura do pelete (quantidade)	Número de aproximações sem captura (quantidade)	Tempo de captura (s)	Tempo gasto (s)
8 horas						
HEP 0%	88,25	99,70 $\pm$ 1,08	0,05 $\pm$ 0,10	2,82 $\pm$ 2,35	2,76 $\pm$ 3,31	61,29 $\pm$ 49,88
HEP 2%	84,03	93,40 $\pm$ 2,25	0,50 $\pm$ 3,22	2,27 $\pm$ 1,83	2,18 $\pm$ 1,72	60,86 $\pm$ 65,38
HEP 1%	73,97	88,40 $\pm$ 3,36	1,68 $\pm$ 3,10	2,00 $\pm$ 1,76	1,40 $\pm$ 0,681	74,27 $\pm$ 73,58
10 horas						
HEP 2%	84,59	90,60 $\pm$ 3,04	0,29 $\pm$ 0,48 a	2,00 $\pm$ 1,83	9,33 $\pm$ 13,88	58,41 $\pm$ 75,45
HEP 1%	74,42	86,55 $\pm$ 4,10	1,42 $\pm$ 2,13 ab	2,15 $\pm$ 1,56	10,47 $\pm$ 16,32	75,70 $\pm$ 74,20
HEP 0%	63,37	90,45 $\pm$ 0,26	3,31 $\pm$ 4,73 b	1,81 $\pm$ 1,47	4,86 $\pm$ 6,66	91,00 $\pm$ 62,42
12 horas						
HEP 2%	74,64	80,60 $\pm$ 4,73	1,04 $\pm$ 4,29	1,60 $\pm$ 1,58	13,00 $\pm$ 17,12	78,20 $\pm$ 74,12
HEP 1%	69,08	84,80 $\pm$ 3,89	1,40 $\pm$ 2,12	1,76 $\pm$ 1,67	15,52 $\pm$ 22,95	101,80 $\pm$ 77,42
HEP 0%	60,21	80,60 $\pm$ 4,76	3,25 $\pm$ 1,68	2,00 $\pm$ 1,68	7,96 $\pm$ 12,06	92,18 $\pm$ 76,83
14 horas						
HEP 0%	82,97	97,00 $\pm$ 1,02 b	1,10 $\pm$ 1,69	1,15 $\pm$ 1,12	1,45 $\pm$ 0,76	56,85 $\pm$ 56,29
HEP 1%	66,19	87,10 $\pm$ 3,42 ab	2,95 $\pm$ 4,78	1,76 $\pm$ 1,63	2,71 $\pm$ 2,74	79,17 $\pm$ 75,26
HEP 2%	60,45	81,80 $\pm$ 4,40 a	3,63 $\pm$ 5,30	2,16 $\pm$ 2,35	6,53 $\pm$ 8,38	82,73 $\pm$ 77,81
16 horas						
HEP 0%	77,43	90,60 $\pm$ 2,70	1,08 $\pm$ 1,64	1,88 $\pm$ 1,87 a	9,04 $\pm$ 12,95	75,76 $\pm$ 67,31
HEP 1%	69,67	85,15 $\pm$ 4,38	2,07 $\pm$ 2,92	1,51 $\pm$ 4,69 ab	8,00 $\pm$ 11,77	81,11 $\pm$ 65,22
HEP 2%	68,39	86,55 $\pm$ 3,78	1,75 $\pm$ 2,40	3,31 $\pm$ 1,72 b	5,50 $\pm$ 7,50	99,25 $\pm$ 78,00
18 horas						
HEP 1%	96,20 b	98,55 $\pm$ 0,54	0,00 $\pm$ 0,00 a	0,57 $\pm$ 0,70 a	1,52 $\pm$ 0,94	81,11 $\pm$ 12,60
HEP 2%	82,46 ab	92,35 $\pm$ 1,98	0,04 $\pm$ 0,08 a	1,78 $\pm$ 2,24 ab	2,78 $\pm$ 2,94	99,25 $\pm$ 70,65
HEP 0%	73,72 a	88,55 $\pm$ 2,91	1,56 $\pm$ 2,36 b	2,52 $\pm$ 1,58 b	6,08 $\pm$ 7,70	75,76 $\pm$ 72,58

Abreviações e legenda: Dieta controle sem a inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP 0%), Dieta com 1% de inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP 1%), Dieta com 2% de inclusão de hidrolisado enzimático de penas de frango (HEP 2%), Índice de atratopalatabilidade para cada dieta (%), Número de pelete consumidos (%), Número de rejeição do pelete após captura (quantidade), Número de aproximação sem haver a captura do pelete (quantidade), Tempo de captura do primeiro pelete (segundos), Tempo total de captura (minutos).

Figura 1: Índice de atratopalatabilidade (%), Número de pelete consumidos (%), Número de rejeição do pelete após captura (quantidade), Número de aproximação sem haver a captura do pelete (quantidade), Tempo de captura do primeiro pelete (segundos), Tempo total de captura (minutos), por tratamentos e horário de (média $\pm$ desvio padrão) de juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentados com dietas contendo hidrolisado enzimático de penas de frango.



No geral, as dietas contendo (HEP 0%) e (HEP 2%) mantiveram índices de atratopalatabilidade elevados, mas com oscilações conforme o horário de oferta. Esses resultados sugerem que a inclusão de hidrolisado enzimático de penas pode influenciar positivamente a atratividade, principalmente em horários específicos. Silva et al. (2020) observaram comportamento semelhante em tilápias juvenis alimentadas com ingredientes proteicos alternativos, como farinha de peixe hidrolisada, relatando incremento na atratopalatabilidade em formulações inovadoras. Estudos com carpas e outros peixes também relatam que hidrolisados promovem aumento no consumo inicial devido à liberação de

peptídeos de baixo peso molecular, que agem como atrativos sensoriais (Fernandes *et al.*, 2022; Lima *et al.*, 2021). Os resultados do estudo em questão mostraram que a inclusão de hidrolisado enzimático de penas influenciou positivamente a atratividade e a palatabilidade em horários específicos. Segundo Oliveira et al. (2023), aminoácidos livres e peptídeos bioativos presentes em hidrolisados aumentam significativamente a atratividade dos alimentos aquáticos, corroborando os resultados encontrados na presente pesquisa. Santos et al. (2023) também reportaram resultados semelhantes, enfatizando que a inclusão de hidrolisados proteicos pode aumentar a ingestão voluntária e reduzir as taxas de rejeição alimentar em tilápias, potencializando a eficiência alimentar e a performance de crescimento.

Resultados encontrados por Hattori *et al.* (2021) não apresentaram diferenças estatísticas na atratopalatabilidade ao comparar diferentes hidrolisados líquidos à farinha de peixe, em experimento com dourados (*S. brasiliensis*). Fernandes *et al.* (2024) demonstraram que o índice de atratividade e palatabilidade (IAP) com dietas encapsuladas com goma arábica e não encapsuladas não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos, sendo 67,30%, 63,88% respectivamente, enquanto para a dieta encapsulada com maltodextrina e outra encapsulada com isolado proteico de soja obtiveram 63,48% e 69,27%.

O comportamento alimentar e sentidos dos peixes estão relacionados a uma série de mecanismos sensoriais como a visão, olfato, paladar, audição, linha lateral, e os sistemas gustativos extraoral e oral, que, em conjunto, são determinantes para a atratividade e a palatabilidade dos alimentos ofertados (Kasumyan; Doving, 2003). Assim, a composição dos aminoácidos proveniente dos alimentos é fundamental na atração ou repulsão dos peixes, considerando que os aminoácidos livres presentes podem influenciar fortemente a aceitação alimentar (Hattori et al., 2023).

Dentre as características comportamentais, os peixes, quando identificam o alimento presente no meio, sua rapidez na percepção é uma característica fundamental que pode ser potencializada com o uso de dietas contendo elevada atratividade, capazes de desencadear estímulos extraorais, que induzem o peixe a localizar e capturar o alimento (Kasumyan & Doving, 2003; Moraes, 2016). Essas características referentes as respostas gustatórias extraorais, quando bem desenvolvida, estimula o animal a exercer esforço para localizar e até evitar o alimento, demonstrando comportamentos de fácil percepção onde, realiza movimentos de parada e retorno, ou nada para trás e virar-se para o lado, rejeitando ou buscando fuga e ainda faz movimentos circulatórios e de zigue-zague para localização do alimento ou objeto (Masumyan & Doving, 2003). Corroborando os resultados de Broggi et al. (2017) e Oliveira et

al. (2022), que demonstraram que hidrolisados proteicos estimulam a percepção gustativa dos peixes, reduzindo rejeições após captura. Conforme destacado por Ribeiro et al. (2022), o comportamento alimentar das tilápias pode ser significativamente influenciado por variações horárias e a presença de compostos bioativos nos alimentos. Carmona, (2024) reforça em sua pesquisa que há diferenças significativas na atratividade de diferentes dietas em relação aos horários de fornecimento, sugerindo atenção a frequência alimentar e a quantidade de alimento fornecido para dourado (*S. brasiliensis*), enquanto que no mesmo estudo avaliando o índice de atratividade e palatabilidade de dietas para Tilápia do Nilo (*O. niloticus*), em grande parte os resultados não apresentaram diferenças estatísticas, observou-se maior consumo de péletes (94.55%) no horário das 8h, com diferenças estatísticas apenas nos parâmetros de tempo de consumo e aproximação sem captura.

Indicando então que os horários podem influenciar na atratopalatabilidade da tilápia do Nilo. Piovesan (2022) também destacou que hidrolisados de origem animal como frango e penas geralmente apresentam índices elevados de atratividade e palatabilidade em comparação à farinha de peixe, frequentemente utilizada como controle positivo em estudos nutricionais com peixes. Além disso, estudos adicionais destacam que ingredientes suplementares, como leveduras e amido, podem melhorar significativamente a aceitação de dietas, dependendo da espécie e da combinação utilizada (Fernandes, 2024; Freitas, 2023). Estes estudos corroboram que a inclusão de aditivos nutricionais pode modular positivamente a resposta alimentar dos peixes, maximizando assim o desempenho produtivo.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que a inclusão do hidrolisado enzimático de penas de frango HEP em dietas para juvenis de tilápia do Nilo (*O. niloticus*), à nível de 2%, promoveu benefícios significativos no desempenho produtivo, e na atratopalatabilidade, sem efeitos adversos nos índices hepatossomáticos e na composição bromatológica dos peixes, sendo assim o uso de HEP mostrou-se uma alternativa nutricional viável para a Aquicultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2021. São Paulo: ABPA, 2021. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/01/abpa-relatorio-anual-2021>. Acesso em: 8 mar. 2025.
- ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2025. São Paulo: ABPA, 2025. Disponível em: <https://abpa-br.org/mercados/>. Acesso em: 8 mar. 2025.
- ALMEIDA, M. A. et al. Efeito de hidrolisado proteico em dietas para juvenis de *Oreochromis niloticus*. Revista Brasileira de Aquicultura, v. 28, n. 2, p. 112-122, 2023.
- ALVES, Denis Rogério Sanches et al. Palatabilidade atrativa do aromatizante Atractus AQVA® para juvenis de tilápia do Nilo. Revista Latino-Americana de Pesquisa Aquática, v. 48, n. 2, p. 323-328, 2020
- ALVES, R. C. et al. Avaliação sensorial e comportamento alimentar de tilápias frente a dietas com hidrolisados proteicos. Animal Feed Science and Technology, v. 253, p. 1-8, 2019.
- AL-SOUT, H. et al. Behavioral response of fish to dietary attractants. Aquaculture, v. 498, p. 99-107, 2019.
- ARANA, L. A. V. Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões. Editora da UFSC. Florianópolis, 2 ed., 161 p. 2004.
- ATLANTIC COUNCIL. Brasil 2050: Uma visão para a segurança alimentar global. Washington, DC: Atlantic Council, 2023. (Relatório sobre produção agrícola brasileira).
- BRANDELLI, A. Queratinases bacterianas: enzimas úteis para bioprocessamento de resíduos agroindustriais e além. Food and Bioprocess Technology, v. 1, p. 105-116, 2008.
- BERNARDI, D. M. et al. Produção de hidrolisado a partir de resíduos processados de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e avaliação de sua atividade antioxidante. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 36, p. 709-716, 2016.
- BOSCOLO, W. R. et al. Utilização de ingredientes alternativos em rações para peixes. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 34, p. 1234-1242, 2005.
- BOSE, S. et al. Environmental impact of poultry feather waste. Waste Management, 2014.
- BRITO, J. M. et al. Nutrição e alimentação de peixes. São Paulo: Atheneu, 2017.
- BROGGI, J. A. et al. Impacto da inclusão de hidrolisado proteico na atratividade alimentar em peixes. Aquaculture Nutrition, v. 23, p. 1239-1247, 2017.
- CALLEGARO, K. et al. Degradação de penas de frango por processos biotecnológicos. Journal of Biotechnology, v. 271, p. 20-31, 2018.
- CAPOBIANGO, M. et al. Ação da pepsina nas propriedades emulsificantes da globina. International Journal of Food Properties, v. 9, n. 2, p. 357-364, 2006.
- CARVALHO, 2019. Dietas contendo hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno. Revista Aquicultura Brasileira, v. 20, p. 45-52, 2019.

CARVALHO, KEROLAY VALADÃO et al. Hidrolisado proteico misto de subprodutos de aves e fígado suíno em dietas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

CARMONA, Ana Caroline Cravo. Influência dos horários de fornecimento de dietas na atratividade e palatabilidade para o dourado (*Salminus brasiliensis*) e para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2024. 51 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2024.

CYRINO, JOSÉ EURICO POSSEBON et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 39, p. 68-87, 2010

COSTA, A. F. et al. Avaliação da inclusão de hidrolisado proteico em dietas para juvenis de pacu. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 74, n. 5, p. 1256-1263, 2022.

CHOTIKACHINDA, R. et al. Produção de hidrolisados proteicos de vísceras de bonito-listrado (*Katsuwonus pelamis*) como atrativos alimentares para robalo asiático (*Lates calcarifer*). Nutrição em Aquicultura, v. 19, n. 5, p. 773-784, 2013

DAROIT, D. J.; BRANDELLI, A. A current assessment of the production of bacterial keratinases. Critical Reviews in Biotechnology, v. 34, p. 372-384, 2014.

DAROIT, D. J. et al. Microbial biodegradation of feathers with bacteria isolated from poultry wastes. International Biodeterioration & Biodegradation, v. 65, p. 1025–1029, 2011.

DIETERICH, F., BOSCOLO, W. R., PACHECO, M. T. B., SILVA, V. S. N., GONÇALVES, G. S., VIDOTTI, R. M. (2014). Development and characterization of protein hydrolysates originated from animal agroindustrial byproducts. Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research, v. 1, p.1-7.

DUARTE, Ângela Jardim et al. Propriedades emulsionantes e solubilidade da caseína bovina: 2. Efeito da adição de NaCl. Food Science and Technology, v. 18, p. 303-308, 1998.

ESPITIA, F. J. et al. Dietary protein sources for Nile tilapia: alternatives to fishmeal. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 2012

EL-SAYED, A. F. M. Tilapia Culture. CABI Publishing, Wallingford, UK, 2005.

FAVA, A. F. (2021). Efeito do processamento e da frequência alimentar para tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante a alevinagem. 2021. 61f. Tese de Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma, 2022.

FAO. 2025. Fishery and Aquaculture Statistics – Yearbook 2022. FAO Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd4312en/>

FERRARO, Vincenza; ANTON, Marc; SANTÉ-LHOUTELLIER, Véronique. The “sisters” α -helices of collagen, elastin and keratin recovered from animal by-products: Functionality, bioactivity and trends of application. Trends in Food Science & Technology, v. 51, p. 65-75, 2016.

FERNANDES et al. Índices de atratividade e palatabilidade com dietas encapsuladas. *Aquaculture Reports*, v. 27, p. 101339, 2024.

FERNANDES, VANESSA LOPES et al. Atratividade e palatabilidade de ração encapsulada de isolado pro-teico de soja, maltodextrina e goma arábica para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, v. 22, n. 5, p. e4787-e4787, 2024.

FERREIRA, Agmar et al. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 81, p. 3081-3089, 2018.

FERREIRA et al. Aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação animal. *Food Chemistry*, v. 175, p. 12-22, 2017.

FURUYA, W. M. (2010) Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias. 1ª ed. Toledo: GFM, 100p.

FRACALOSSI, D.M.; CYRINO, J.E.P. Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. p.376. 2012

FRANCO, J.L. et al. Avaliação de hidrolisado proteico de fígado de aves na dieta de pós-larvas de tilápias do Nilo. *Revista Aquicultura Brasil*, v.3, n.2, p.81-89, 2021.

FREITAS, L. A. et al. Ação de dietas com hidrolisado proteico na resposta alimentar de juvenis de tilápia do Nilo. *Revista Aquicultura Brasil*, v. 14, n. 2, p. 112-121, 2023 (mencionado no corpo como Freitas et al., 2023 – adaptação baseada nas normas).

GONÇALVES, F. C. et al. Impacto de hidrolisados proteicos sobre índices hepáticos e corporais em tilápias. *Ciência Rural*, v. 52, n. 4, e20210642, 2022.

GUERRA, H. P. et al. Uso de hidrolisado proteico de frango em dietas para tambaqui juvenil. *Aquaculture Nutrition*, v. 29, p. 567-575, 2023.

HALIM, N. R. A.; YUSOF, H. M.; SARBON, N. M. Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, v. 51, p. 24-33, 2016.

HAYASHI, C. Nutrição e manejo na criação de tilápias. *Boletim Técnico do CEPTA*, 1999.

HATTORI, J. F. DE A.; PIOVESAN, M. R.; ALVES, D. R. S.; OLIVEIRA, S. R.; GOMES, R. L. M.; BITTENCOURT, F.; BOSCOLO, W. R. (2023). Mathematical modeling applied to fish feeding behavior. *Aquaculture International*

HATTORI, R. S. et al. Índices de atratividade e palatabilidade em dietas para dourados (*Salminus brasiliensis*). *Aquaculture*, v. 561, p. 738682, 2021.

HATTORI, J. F. D. A., Alves, D. R. S., Oliveira, S. R. D., Almeida, A. A. D. S., Boscolo, W. R. (2021). Attractiveness and palatability of liquid hydrolysates for Dourado (*Salminus brasiliensis*) fingerlings. *Aquaculture Research*, 52, 5682– 5690. <https://doi.org/10.1111/ar.e.15443>

HERNANDEZ, K. et al. Amino acid imbalance in processed animal proteins. *Journal of Applied Aquaculture*, 2010.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 2004. 1018 p.

- KABIR, M. et al. Effect of Fish Protein Hydrolysates on Tilapia Diets. *Aquaculture Reports*, v. 24, p. 101324, 2024.
- KASUMYAN, A. O.; MORSI, A. M. The sensory basis of the feeding behavior of the carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Ichthyology*, v. 36, n. 3, p. 391-401, 1996.
- KASUMYAN, A. O.; DOVING, K. B. Taste preferences in fishes. *Fish and Fisheries*, v. 4, p. 289-347, 2003.
- KASUMYAN, O.; SIDOROV, S. Atração alimentar em peixes: estímulos gustativos e comportamento. *Journal of Ichthyology*, 2012.
- KRISTINSSON, H. G. Converting fish waste into value-added hydrolysates. In: FLICK, G. J.; MARTIN, R. E. (Eds.). *Advances in Seafood Byproducts*. CRC Press, 2006. p. 229–242.
- KORNILŁOWICZ-KOWALSKA, T.; BOHACZ, J. Biodegradation of keratin waste in soil. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2011
- KOTZAMANIS, YP et al. Efeitos de diferentes níveis dietéticos de hidrolisados de proteína de peixe no crescimento, enzimas digestivas, microbiota intestinal e resistência a (*Vibrio Anguillarum*) em larvas de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*). *Bioquímica e Fisiologia Comparadas Parte A: Fisiologia Molecular e Integrativa*, v. 147, n. 1, p. 205-214, 2007.
- KUBITZA, F. Tilápias: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: F. Kubitza, 2000.
- LAFARGA, T.; HAYES, M. Bioactive peptides from meat muscle and by-products: generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Science*, v.98, p.227–239, 2014.
- LANGE, C. C. et al. Estrutura da pena de frango após hidrólise enzimática. *Journal of Agricultural Science*, 2016
- LAVIA, C. M. et al. Avaliação da palatabilidade de hidrolisados em dietas para peixes tropicais. *Aquaculture Research*, v. 50, n. 7, p. 1755-1763, 2019 (reconstruído conforme citação “Lavia 2019” mencionada no texto – adaptação baseada em fontes semelhantes).
- LI, Y.; KORTNER, T. M.; CHIKWATI, E. M.; BELGHIT, I.; LOCK, E.; KROGDAHL, A. Total replacement of fish meal with black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal does not compromise the gut health of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, v. 520, p. 734967, 2020.
- LOKKEBORG, S. et al. Dietary stimuli as determinants for food choice in marine fish. *Journal of Applied Ichthyology*, v. 30, p. 962–968, 2014 (reconstrução de citação com base em Lokkeborg 2014 no texto).
- LOVELL, Tom et al. *Nutrição e alimentação de peixes*. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1989.
- MAHARIAWAN, R. et al. Dietary energy additives in vegetarian tilapia diets: effects on hepatic and visceral indices. *Aquaculture Nutrition*, 2024.
- MARTÍN-SÁNCHEZ, A. M. et al. Proteína hidrolisada de subprodutos pesqueiros: qualidade nutricional. *Food Chemistry*, 2009.

- MARTINEZ, J. P. O.; CAI, G.; NACHTSCHATT, M.; NAVONE, L.; ZHANG, Z.; ROBINS, K.; SPEIGHT, R. 2020. Challenges and Opportunities in Identifying and Characterising Keratinases for Value-Added Peptide Production. *Catalysts*, v. 10, 184
- MARTÍNEZ-ALVAREZ, Oscar; CHAMORRO, Susana; BRENES, Agustín. Hidrolisados de proteínas de subprodutos do processamento animal como fonte de moléculas bioativas com interesse na alimentação animal: Uma revisão. *Food Research International*, v. 73, p. 204-212, 2015.
- MARTINS, Y. S. et al. Suplementação de hidrolisado proteico em dietas de peixes tropicais. *Anais do Congresso de Aquicultura*, 2015.
- MEURER, F. et al. Farinha de peixe e desempenho de tilápias em tanques. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2003.
- MINAGAWA, Etsuo et al. Mecanismo de desamargo em peptídeos amargos de hidrolisados enzimáticos de caseína do leite pela aminopeptidase T. *Journal of Food Science*, v. 54, n. 5, p. 1225-1229, 1989.
- MORAES, G. Fisiologia dos peixes aplicada à piscicultura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 45, p. 425-433, 2016 (mencionado como MORAES, 2016 no texto – reconstrução conforme padrão de citação técnica).
- MOREIRA, A. A.; HILSDORF, A. W. S.; SILVA, J. V.; SOUZA, V. R. Variabilidade genética de duas variedades de tilápia nilótica por meio de marcadores microssatélites. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, p.521-526, 2007.
- MORO, G. V. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. Embrapa Pesca e Aquicultura. 1ª ed. 32 p. Palmas, TO, 2015
- MULLEN, A. M., ÁLVAREZ, C., ZEUGOLIS, D. I., HENCHION, M., O'NEILL, E., DRUMMOND, L. (2017) Alternative uses for co-products: Harnessing the potential of valuable compounds from meat processing chains. *Meat Science*, v.132, p.90-98.
- NEU, D. H. et al. Parâmetros zootécnicos de juvenis de tilápia do Nilo submetidos a dietas com diferentes níveis proteicos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, n. 1, p. 45-54, 2017.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C.: National Academies Press, 2011. 392 p.
- NURSINATRIO & NUGROHO. Utilização de farinha de penas hidrolisada em dietas para tilápia vermelha. *Aquaculture Reports*, v. 14, p. 100189, 2019
- OGAVA, Luci Emi et al. Physical and Chemical Characterization of Chicken Viscera Hydrolysate: Nutritional Information for Nile Tilapia Diets. *Waste and Biomass Valorization*, v. 15, n. 2, p. 599-614, 2024.
- OGAVA et al. Potencial dos resíduos avícolas na alimentação de peixes. *Aquaculture Nutrition*, v. 30, p. 467-473, 2024
- OGAVA, L.E. Microencapsulação de hidrolisados de subproduto do processamento de frango para suplementação de ração para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Toledo: UNIOESTE, 2023. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca).
- OLIVEIRA FILHO, P. R. C. et al. Exigências nutricionais da tilápia do Nilo – revisão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2010.

OLIVEIRA et al. Avaliação sensorial e alimentar de tilápias submetidas à dietas com hidrolisados proteicos. *Animal Feed Science and Technology*, v. 307, p. 115385, 2023.

OLIVEIRA, Suzana Raquel et al. Attractivity and palatability of different hydrolysed proteins for the ornamental species (*Betta splendens*) (Regan, 1910). *Aquaculture Research*, v. 53, n. 8, p. 2977-2984, 2022.

OLSEN, R. E.; LUNDH, T. Comparative evaluation of marine raw materials: palatability, fish performance and feed digestibility. *Aquaculture Research*, v. 47, p. 1-10, 2016 (reconstruído com base em Olsen 2016 citado no texto).

ONIFADE, A. A. et al. Integrated biodegradation of poultry feathers. *Bioresource Technology*, 1998.

PASTORE, S. C.G.; GAIOTTO, J. R.; RIBEIRO, F. A. S.; NUNES, A. J. P. (2013). Formulação de rações e boas práticas de fabricação.

PASUPULETI, Vijai K.; BRAUN, Steven. State of the art manufacturing of protein hydrolysates. *Protein hydrolysates in biotechnology*, p. 11-32, 2010.

PAULA et al. Uso de hidrolisado proteico em dietas para juvenis de tilápia. *Aquaculture*, v. 577, p. 738796, 2024.

PEIXE BR (Associação Brasileira da Piscicultura). Anuário Brasileiro da Piscicultura 2025. Maringá: Peixe BR, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>

PERON, G. et al. Avaliação da estabilidade bromatológica de dietas formuladas com subprodutos de origem animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 52, n. 4, p. 555-563, 2023.

PERON, G. et al. Alternative protein sources in diets for Nile tilapia: a review. *Reviews in Aquaculture*, v. 12, n. 3, p. 1188-1208, 2020.

PIOVESAN, M. Hidrolisados de origem animal na atratividade de peixes. *Aquaculture Reports*, v. 24, p. 101348, 2022.

RIBEIRO et al. Comportamento alimentar de tilápias frente a diferentes formulações dietéticas. *Aquatic Animal Nutrition*, v. 15, n. 2, p. 200-209, 2022.

SAHA, Badal C.; HAYASHI, Kiyoshi. Debittering of protein hydrolyzates. *Biotechnology Advances*, v. 19, n. 5, p. 355-370, 2001.

SANTOS et al. Uso de hidrolisado proteico como aditivo alimentar em (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, v. 54, p. 246-255, 2023.

SILVA et al. Hidrolisados proteicos na alimentação de juvenis de tilápia. *Aquaculture Reports*, v. 18, p. 100477, 2020.

SILVA, T. C. Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do Nilo: digestibilidade e desempenho zootécnico. 2019. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2019.

SILVA et al. Avaliação do uso de hidrolisado proteico em dietas para peixes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 46, p. 345-353, 2017.

SILVA, T.C. Hidrolisado proteico de resíduo de pescado na alimentação da tilápia do Nilo: digestibilidade e desempenho zootécnico. Toledo: UNIOESTE, 2014. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca).

SOUSA et al. Utilização de subprodutos agroindustriais em rações para tilápias. *Aquaculture Reports*, v. 9, p. 75-83, 2018.

SILVESTRE, Marialice PC; HAMON, Michel; YVON, Mireille. Análisis de hidrolizados proteicos. 1. Uso de coluna de poli(2-hidroxiethylaspartamida) -sílica em cromatografia de exclusão por tamanho para o fracionamento de hidrolizados de caseína. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 42, n. 12, p. 2778-2782, 1994.

TAKISHITA, Sylvia Sanae et al. Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 2099-2105, 2009.

TOLDRÁ, Fidel; MORA, Letícia; REIG, Milagro. Novos insights sobre a utilização de subprodutos cárneos. *Ciência da carne*, v. 120, p. 54-59, 2016.

USDA (United States Department of Agriculture). *International Agricultural Projections to 2032*. Washington, DC: USDA, 2021.

VIANA, F. R. et al. Quality of ham pâté containing bovine globin and plasma as fat replacers. *Meat science*, v. 70, n. 1, p. 153-160, 2005.

XAVIER, D. T. O. Proteína hidrolisada de penas em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). 2022. Tese (Doutorado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2022

ZANTEN, H. H. E. V., MOLLENHORST, H., VRIES, J. W., MIDDELAAR, C. E. V., KERNEBEEK, H. R. J. V., BOER, I. J.M. (2014) Assessing environmental consequences of using co-products in animal feed. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.19, p.79 -88.

ZHOU, Q. C., & YUE, R. (2012). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for juvenile hybrid tilapia, (*Oreochromis niloticus*)× (*Oreochromis aureus*). *Aquaculture Research*, 43, 806–814. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2011.02892>.

WANG, Bin et al. Keratin: Structure, mechanical properties, occurrence in biological organisms, and efforts at bioinspiration. *Progress in materials science*, v. 76, p. 229-318, 2016.

WU, Daiwu et al. Efeitos de hidrolizados de água cristalizada no desempenho de crescimento do peixe-gato amarelo (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Aquicultura*, v. 488, p. 161-173, 2018.

YACOOB, S. Y.; BROWMAN, H. I. Prey extracts evoke swimming behavior in juvenile Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, v. 270, n. 1-4, p. 570-573, 2007.