

## Atratividade e palatabilidade da proteína hidrolisada de penas para juvenis de tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*)

Attractiveness and palatability of hydrolyzed feather protein for juvenile tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*)

Atractivo y palatabilidad de la proteína de pluma hidrolizada para juveniles de tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*)

Recebido: 02/11/2022 | Revisado: 20/11/2022 | Aceitado: 21/11/2022 | Publicado: 28/11/2022

### **Robson Araújo dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1628-4373>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: robson0701@gmail.com

### **Márcia Regina Piovesan**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5566-4862>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: piovesan.marcia@gmail.com

### **Suzana Raquel de Oliveira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-161X>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: suzanarachel@hotmail.com

### **Jahina Fagundes de Assis Hattori**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4241-0094>  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
E-mail: jahinaassis@gmail.com

### **Odair José de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0775-3289>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: odair.desouza@hotmail.com

### **Wilson Rogerio Boscolo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1808-0518>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: wilsonboscolo@hotmail.com

### **Altevir Signor**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4659-6466>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: altevir.signor@gmail.com

### **Fábio Bittencourt**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5894-7158>  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil  
E-mail: fabio.gemaq@gmail.com

### **Resumo**

O estudo teve como objetivo determinar a atratividade e palatabilidade de níveis de inclusão de proteína hidrolisada de penas em rações para juvenis de tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*). As seis dietas foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais da espécie, nas quais: controle positivo sem hidrolisado de penas (PHP0), hidrolisado proteico de penas 1% (PHP1), hidrolisado proteico de penas 2% (PHP2), hidrolisado proteico de penas 3% (PHP3), hidrolisado proteico de penas 4% (PHP4) e hidrolisado proteico de penas 5% (PHP5). Para o ensaio foram utilizados 12 alevinos com peso médio de  $9,82 \pm 0,74$ g distribuídos em 12 aquários com volume útil de 20 litros e alimentados duas vezes ao dia, com sorteio prévio das dietas oferecidas, por um período de seis dias. Em cada alimentação foram ofertados 20 peletes e os eventos foram filmados por três minutos e observados os seguintes comportamentos: tempo captura do primeiro pelete, número de rejeição após captura, número de aproximação sem haver captura e número de peletes consumidos, e posteriormente foi calculado o índice de palatabilidade, de acordo com a equação de Kasumyan e Morsi (1996). As análises realizadas apontaram que todas as dietas contendo hidrolisado proteico de penas apresentaram índice de palatabilidade positivo, em que proporcionaram aumento do consumo de ração em relação a dieta contendo farinha de peixe. A dieta PHP5 apresentou o melhor índice de palatabilidade (11,42%). Portanto, o hidrolisado proteico de penas pode ser utilizado em dietas para tambacu sem alterar a palatabilidade e o comportamento alimentar.

**Palavras-chave:** Alimento alternativo; Aquicultura; Comportamento alimentar; Nutrição.

### Abstract

The study was with the objective of determining the attractiveness and palatability of inclusion levels of hydrolyzed feather protein in diets for juvenile tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*). Six diets were formulated, according to the nutritional requirements of the species: positive control without feather hydrolysate (FPH0), 1% feather protein hydrolysate (FPH1), 2% feather protein hydrolysate (FPH2), 3% feather protein hydrolysate (FPH3), 4% feather protein hydrolysate (FPH4), and 5% feather protein hydrolysate (FPH5). For the test, 12 fingerlings with an average weight of  $9.82 \pm 0.74$  g, distributed in 12 aquariums with volume of 20 liters and fed twice a day, at 10 am and 3 pm, with a previous selection of the diets offered, for a period of six days. In each feeding, 20 pellets were offered, and the events were filmed for three minutes, during which the following behaviors were observed: capture time of the first pellet (seconds), rejection of the pellet after capture, approach without capture, and pellets consumed, and later the palatability index was calculated, according to the equation of Kasumyan and Morsi (1996). The analyzes showed that all diets containing feather protein hydrolysate had a positive palatability index, in which they provided an increase in feed consumption in relation to the diet containing fishmeal. The FPH5 diet had the best palatability index (11.42%). Therefore, feather protein hydrolysate can be used in tambacu diets without altering palatability and feeding behavior.

**Keywords:** Alternative food; Aquaculture; Feeding behavior; Nutrition.

### Resumen

El estudio tuvo como objetivo determinar el atractivo y la palatabilidad de los niveles de inclusión de proteína de pluma hidrolizada en dietas para juveniles de tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*). Las seis dietas fueron formuladas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la especie, en las cuales: control positivo sin hidrolizado de plumas (PHP0), 1% hidrolizado de proteínas de plumas (PHP1), 2% hidrolizado de proteínas de plumas (PHP2), 3% plumas (PHP3), 4% de hidrolizado de proteína de pluma (PHP4) y 5% de hidrolizado de proteína de pluma (PHP5). Para la prueba, se distribuyeron 12 alevines con un peso promedio de  $9,82 \pm 0,74$  g en 12 acuarios con un volumen útil de 20 litros y se alimentaron dos veces al día, con una selección previa de las dietas ofrecidas, durante un período de seis días. En cada toma se ofrecieron 20 balines y se filmaron los hechos durante tres minutos y se observaron los siguientes comportamientos: tiempo de captura del primer perdigón, número de rechazos después de la captura, número de acercamiento sin captura y número de balines consumidos, y luego el índice de palatabilidad, según la ecuación de Kasumyan y Morsi (1996). Los análisis realizados demostraron que todas las dietas que contenían hidrolizado de proteína de pluma tuvieron un índice de palatabilidad positivo, en el que proporcionaron un incremento en el consumo de alimento en relación a la dieta que contenía harina de pescado. La dieta PHP5 presentó el mejor índice de palatabilidad (11,42%). Por lo tanto, el hidrolizado de proteína de pluma se puede utilizar en las dietas de tambacu sin alterar la palatabilidad y el comportamiento alimentario.

**Palabras clave:** Alimentación alternativa; Acuicultura; Conducta alimentaria; Nutrición.

## 1. Introdução

O tambacu é um peixe híbrido obtido por meio do cruzamento da fêmea de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com macho de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). É uma espécie com grande potencial de crescimento na aquicultura nacional, pois une características como a rusticidade e resistência a baixas temperaturas do pacu e precocidade do tambaqui, juntamente com uma carne de sabor suave e com boa aceitação pelo consumidor (Pereira et al., 2011). Possui hábito alimentar onívoro e suas características de formato, porte e cor acinzentada se assemelham às do tambaqui (Souza, 1998; Gonçalves et al., 2010).

A alimentação na piscicultura intensiva representa o maior custo operacional durante o período de cultivo, podendo chegar a 70% do gasto total da produção (Furuya, 2010), em que a proteína é o nutriente mais oneroso das formulações e ao mesmo tempo o principal ingrediente relacionado ao crescimento do peixe (Boscolo et al., 2005; Furuya, 2010; Zho & Yue, 2012; Silva et al. 2017).

Dentre as fontes de proteína de origem animal para a formulação de rações, destaca-se a farinha de peixe, por apresentar elevado valor proteico, bom equilíbrio em aminoácidos essenciais e por ser classificada como tendo alta atrato-palatabilidade (Faria et al., 2001; Fries et al., 2011). Porém, a redução da oferta da farinha no mercado tem elevado o seu custo, ocasionando grandes limitações de sua inclusão em rações na aquicultura (Merino et al., 2010; Silva et al., 2017; Alves et al., 2019).

Uma maneira de reduzir os custos com as rações comerciais é a substituição parcial ou total da farinha de peixe, porém, um grande desafio enfrentado nesse sentido é a aceitação dos animais pelos ingredientes substitutos, tendo em vista que, a farinha de peixe tem uma alta palatabilidade (Kotzamanis et al., 2007; Alves et al., 2019).

A palatabilidade de um alimento está relacionada a aceitação ou rejeição de determinado sabor ou odor, o que pode influenciar no aumento ou na diminuição do consumo, tornando-se um fator limitante na tomada de decisão de quais ingredientes utilizar e, em quais as quantidades, tendo em vista que o custo final da dieta é afetado (Glencroos et al., 2007; Oliveira et al. 2022).

O Brasil possui uma cadeia agroindustrial de aves bem estabelecida em constante crescimento ocasionado pelo aumento da demanda por alimentos e fatores como disponibilidade, boa qualidade biológica e o baixo custo dos produtos agroindustriais despertam o interesse para seu uso na nutrição animal, sobretudo como forma de facilitar os processos e melhorar a qualidade nutricional destes (Mullen et al. 2017; Silva et al., 2017). O aproveitamento do resíduo da indústria de beneficiamento de animais em forma de hidrolisado proteico é uma maneira de agregar valor, apresentando desta forma grande potencial para diminuir os custos com rações (Silva et al., 2017).

A hidrólise é um processo que ocorre por meio da adição de enzimas a matéria-prima, estas, modificam as propriedades do alimento, realizando a quebra das proteínas em aminoácidos livres e peptídeos de diversos tamanhos, com elevado teor proteico, melhorando também a digestibilidade (Fries et al., 2011). Essa quebra, resulta em compostos nitrogenados de baixo peso molecular, que podem agir como atrativos alimentares por serem detectados pelo sistema gustatório dos peixes (Broggi et al., 2017; Alves et al. 2020; Oliveira et al. 2022).

Algumas pesquisas apresentam resultados satisfatórios com dietas contendo a adição de hidrolisados a base de resíduos provenientes da cadeia produtiva de pescado, aves e suínos. Essas proteínas hidrolisadas, mesmo em pequenos níveis de inclusão, apresentaram melhora no desempenho produtivo, digestibilidade e atividades imunológicas nas fases iniciais de diversas espécies de peixes (Chotikachinda et al., 2013; Srichanun et al., 2014; Silva et al., 2017; Alves et al. 2020; Oliveira et al. 2022).

Desta forma, este estudo teve como objetivo determinar a atratividade e palatabilidade de diferentes níveis de inclusão da proteína hidrolisadas de penas para o tambacu (*Colossoma macropomum* Piaractus mesopotamicus).

## 2. Metodologia

O ensaio 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, Brasil. Os procedimentos descritos neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA da Unioeste, conforme protocolo número 45/19.

### 2.1 Aquisição de ingredientes e formulação de dietas

Foram produzidas seis dietas experimentais para este estudo e o hidrolisado de penas foi fornecido pela empresa Brasil Foods S/A (setor BRF® Ingredients, Concórdia - SC, Brasil). O hidrolisado foi produzido pela empresa através de um processo de hidrólise enzimática, com grau de hidrólise de 15% determinado pelo método ortoformaldeído (OPA) (Nielson et al., 2001).

As dietas foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais da espécie (Tabela 1):

PHP0: Dieta sem hidrolisado proteico de penas (Controle positivo);

PHP1: Dieta contendo 1% hidrolisado proteico de penas;

PHP2: Dieta contendo 2% hidrolisado proteico de penas;

PHP3: Dieta contendo 3% hidrolisado proteico de penas;

PHP4: Dieta contendo 4% hidrolisado proteico de penas;

PHP5: Dieta contendo 5% hidrolisado proteico de penas.

**Tabela 1** - Formulação e composição nutricional das dietas para avaliação da atratividade e palatabilidade do hidrolisado de penas para juvenis de tambacu.

Ingredientes (%)	Tratamentos					
	PHP0	PHP1	PHP2	PHP3	PHP4	PHP5
Antifúngico (Propionato de Cálcio)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Antioxidante (BHT) <sup>5</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Quirera de arroz (8,5%) <sup>1</sup>	16,32	16,26	16,19	16,13	16,06	16,00
Hidrolisado de penas	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
Farinha de carne e ossos	8,42	8,53	8,65	8,77	8,88	9,00
Cloreto de colina (60%) <sup>4</sup>	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
DL-metionina	0,10	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15
Fosfato bicálcico	0,00	0,21	0,43	0,64	0,85	1,07
L-lisina HCL	0,29	0,34	0,38	0,43	0,48	0,52
L-treonina	0,28	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31
L-triptofano	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fubá de milho	15,00	15,06	15,17	15,26	15,34	15,43
Óleo de soja	3,13	3,20	3,27	3,35	3,42	3,49
Farinha de peixe (55%) <sup>1</sup>	30,00	28,90	27,80	26,69	25,59	24,49
Suplemento mineral-vitamínico <sup>2</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Farinha de sangue	10,00	9,81	9,63	9,44	9,25	9,06
Farelo de soja (45%) <sup>1</sup>	15,00	14,80	14,60	14,40	14,20	14,00
Vitamina C (35%) <sup>3</sup>	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Nutrientes (%)</b>						
Amido	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00
Cálcio	3,39	3,38	3,37	3,35	3,34	3,33
Fósforo total	1,52	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61
Gordura	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Lisina total	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74
Metionina total	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Proteína bruta	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
Treonina total	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Triptofano total	0,41	0,41	0,40	0,40	0,40	0,40

\*Controle, dieta sem adição de hidrolisado de penas; 1%, dieta contendo 1% de adição de hidrolisado de penas; 2%, dieta contendo 2% de adição de hidrolisado de penas; 3%, dieta contendo 3% de adição de hidrolisado de penas; 4%, dieta contendo 4% de adição de hidrolisado de penas; 5%, dieta contendo 5% de adição de hidrolisado de penas;

<sup>1</sup>Teor de Proteína bruta.

<sup>2</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500.000 UI; vit. D3 - 200.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K3 - 1.000 mg; vit. B1 - 1.500 mg; vit. B2 - 1.500 mg; vit. B6 - 1.500 mg; vit. B12 - 4.000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4.000 mg; vit. C - 15.000 mg; biotina - 50 mg; inositol - 10.000 mg; nicotinamida - 7.000 mg; colina - 40.000 mg; cobalto - 10 mg; cobre - 500 mg; ferro - 5.000 mg; iodo - 50 mg; manganês - 1.500 mg; selênio - 10 mg; zinco - 5.000 mg.

<sup>3</sup> Concentração de ácido ascórbico.

<sup>4</sup> Concentração de colina.

<sup>5</sup> Butil-hidroxi-tolueno.

Fonte: Autores.

## 2.2 Formulação das dietas

Todos os ingredientes foram inicialmente moídos e peneirados (0,6 mm) e posteriormente moídos e peneirados (0,3 mm) em moinho de martelos (modelo MCs 280, Vieira Moinhos e Martelos, Tatuí - SP, Brasil). Para extrusão das dietas, as misturas foram umedecidas com 22% de água e homogeneizadas, seguidas de dez minutos de mistura em um misturador tipo “Y” (modelo MA 200, Marconi Equipamentos Laboratoriais, Piracicaba - SP, Brasil). As dietas foram extrusadas com uma matriz de 1,0 mm de diâmetro em um equipamento modelo Ex-Micro<sup>®</sup> com capacidade de 10 kg/h (Exteec Máquinas, Ribeirão Preto-SP, Brasil). Após a extrusão, as dietas passaram 24 horas em estufa a 55°C (modelo TE-394/3-D, Tecnal Equipamentos Científicos para Laboratório, Piracicaba-SP, Brasil) para retirada da umidade adquirida.

## 2.3 Análise química

O hidrolisado de penas utilizado foi submetido as análises de proteína bruta, gordura, matéria seca e energia, realizadas de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2004). A energia bruta foi determinada com o auxílio de uma bomba calorimétrica (IKA C200) (Tabela 2). As análises foram realizadas no Laboratório de Qualidade de Alimentos (LQA) do GEMAg. Também foi realizada a análise da composição de aminoácidos da proteína hidrolisada, avaliada por meio do método MA-009 (White et al., 1986; Hagen et al., 1989), em um laboratório comercial (CBO Anal. Laboratoriais Ltda., Valinhos-SP, Brasil) (Tabela 3).

**Tabela 2** – Composição bromatológica do hidrolisado de penas utilizado na avaliação da palatabilidade para juvenis de tambacu.

Parâmetros	Hidrolisado de penas
Proteína bruta (%)	76,33
Matéria seca (%)	96,27
Energia bruta (Kcal / Kg)	4900

Fonte: Autores.

A Tabela 2 apresenta a composição bromatológica do hidrolisado de penas e indicando o percentual de proteína bruta, matéria seca, bem como o valor da energia bruta deste ingrediente.

**Tabela 3** – Perfil de aminoácidos livres do hidrolisado de penas utilizado na avaliação da palatabilidade para juvenis de tambacu.

Composição química	Hidrolisado de penas
Ácido aspártico	0,12
Ácido glutâmico	0,26
Serina	0,26
Glicina	0,16
Histidina	0,16
Taurina	0,07
Arginina	0,13
Treonina	0,14
Alanina	0,31
Prolina	0,12
Tirosina	0,52
Valina	0,33
Metionina	0,38
Cisteína	0,27
Isoleucina	0,38
Leucina	0,47
Fenilalanina	0,43
Lisina	0,29
Asparagina	Não detectado
Total	4,81

Fonte: Autores.

A Tabela 3, apresenta o perfil de aminoácidos livres do hidrolisado de penas, utilizado nas dietas para a avaliação da palatabilidade.

#### 2.4 Avaliação da atratividade e palatabilidade

Os ensaios realizados para medir a atratividade, palatabilidade e o índice de palatabilidade foram realizados de acordo com a metodologia descrita por Kasumyan e Morsi (1996), Kasumyan e Doving (2003), Alves et al. (2019), Hattori et al. (2021), bem como Oliveira et al. (2022), com adaptações. A equação proposta por Kasumyan e Morsi (1996), Kasumyan e Doving (2003) e Kasumyan e Sidorov (2012) foi utilizada para calcular o índice de palatabilidade, da seguinte forma:  $IP = ((R - C) / (R + C)) * 100$ , em que R é o consumo de peletes da dieta de teste; e C é o consumo de peletes da dieta de controle.

Para o ensaio de atratividade e palatabilidade, foram utilizados 12 alevinos de tambacu (*Colossoma macropomum* × *Piaractus mesopotamicus*) com peso médio de  $9,82 \pm 0,74$  g e comprimentos total e padrão de  $8,05 \pm 0,34$  cm e  $6,2 \pm 0,26$  cm, respectivamente, distribuídos em 12 aquários com volume útil de 20 L, revestidos com material impermeável e equipado individualmente com sistemas de controle de aeração e temperatura (termostato 50 w), cada aquário possuía um orifício central, para deposição de peletes durante o ensaio. Utilizou-se uma barreira constituída de isopor ao redor dos aquários, isolando os peixes da movimentação rotineira do laboratório, minimizando assim possíveis efeitos sobre o comportamento dos animais.

As variáveis de qualidade de água foram monitoradas diariamente com auxílio de uma sonda multiparâmetros YSI Professional Series. As características físicas e químicas da água dos aquários foram semelhantes, com temperatura média de

28,5 ± 0,37 °C; oxigênio dissolvido 3,81 ± 0,38 mg/L; e pH 7,9 ± 0,2; esses valores são considerados adequados para o desempenho de peixes de águas tropicais (Baldisseroto, 2002; Arana, 2004).

Os animais passaram por um período de dez dias de adaptação e treinamento, para que se adaptassem a presença humana necessária para o registro do comportamento alimentar durante o ensaio e para quantificar o número de peletes necessários até saciedade aparente. Após esse período, iniciou-se os testes de atratividade e palatabilidade, as alimentações ocorreram duas vezes ao dia, as 10h e 15h. Os aquários foram higienizados diariamente para remoção de resíduos e renovação da água de aproximadamente 30%. Em cada alimentação foram ofertados 20 peletes para cada animal, e o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, os sorteios foram realizados antes de cada filmagem. As alimentações foram filmadas por um período de três minutos, iniciando quando os peletes foram introduzidos no aquário. Os registros dos comportamentos alimentares: a) tempo captura do primeiro pelete (PP) (segundos); b) número de rejeição do pelete após captura (NR); c) número de aproximação sem haver a captura do pelete (NA); d) número de peletes consumidos (PC) teve duração de seis dias, fornecendo ao total 144 vídeos (12 peixes x 2 alimentações x 6 dias). As filmagens foram avaliadas de forma visual e os dados tabulados para a realização da análise estatística.

## 2.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos a análises de normalidade dos dados verificada pelo teste de Shapiro-Wilk, bem como a homogeneidade das variâncias (teste de Levene). Após, foi realizada a análise de variância paramétrica (ANOVA) e o teste de comparação múltipla de médias Tukey, com nível de significância de 5%, com o auxílio do software Statistic 7.1.

## 3. Resultados e Discussão

O comportamento alimentar dos peixes é controlado por diversas modalidades fisiológicas que envolvem vários sentidos, entre eles o olfato e o paladar, sendo estes dois os responsáveis por detectar a atratividade e a palatabilidade de uma dieta (Mearns 1986; Hara, 1986; Oliveira et al. 2022). Entretanto, existem diferenças entre espécies relacionadas aos tipos de aminoácidos que atuam como estimulantes ou impeditivos alimentares, o que reflete justamente no momento de o peixe decidir se irá engolir ou rejeitar o alimento (Olsen e Lundh, 2016; Alves et al., 2019; Alves et al., 2020a; Oliveira et al. 2022).

Aminoácidos como a cisteína, betaína, ácido glutâmico, serina, glicina, alanina, prolina, metionina, cisteína, fenilalanina, arginina, tirosina, valina, leucina e glutamina são classificados como estimulantes e são responsáveis por sinais químicos recebidos pelo sistema gustativo dos peixes, podendo melhorar a atratividade de um alimento (Kasumyan,1997). Alguns estudos evidenciam ainda que substâncias de baixo peso molecular, incluindo aminoácidos, peptídeos e compostos nitrogenados estimulam o comportamento alimentar dos peixes (Hara, 2011).

A palatabilidade é responsável pela seleção do alimento, independente dos órgãos sensoriais abrangidos na alimentação, ela define se o pelete será aceito pelo peixe, pois ainda durante o período de retenção do mesmo na boca, ele detecta e reconhece substâncias com sabor, e após isso decide se engole ou rejeita e ainda, a quantidade a ser consumida (Mearns, 1986; Pereira da Silva e Pezzato, 2000; Lokkeborg et al., 2014; Olsen e Lundh, 2016; Oliviera et al 2022).

Alguns estudos realizados utilizando hidrolisados como atrativos alimentares para peixes tem demonstrado resultados favoráveis em relação a essa inclusão. Oliveira et al. (2022), ao utilizarem hidrolisados proteicos originados de coprodutos agroindustriais (proteína hidrolisada de frango, proteína hidrolisada de fígado suíno, proteína hidrolisada de penas, proteína hidrolisada de mucosa suína), obtiveram índice de atratividade e palatabilidade positivo em substituição a farinha de peixe para o *Betta splendens*. Em outro recente estudo, Alves et al. (2019) ao avaliarem a palatabilidade de hidrolisados de proteínas de produtos industriais para juvenis de tilápia do Nilo, constataram que todas as dietas contendo produtos de aves apresentaram melhores valores para o índice de palatabilidade, consumo de peletes, número de rejeições após a captura, abordagem sem

capturar o pelete e tempo de captura para o primeiro pelete. Seguindo essa mesma linha, Broggi et al. (2017) verificaram que o uso de hidrolisado proteico de sardinhas em rações para jundiá (*Rhamdia quelen*) favoreceram a ingestão das dietas pela espécie.

As respostas alcançadas no presente estudo (Tabela 4), demonstram que todas as dietas com a inclusão do hidrolisado proteico de penas apresentaram índice de palatabilidade positivo em relação a farinha de peixe, o que pode estar relacionado ao teor de aminoácidos livres (4,81%) presente no ingrediente teste. Embora não foram constatadas diferenças significativas entre os comportamentos observados ( $P > 0,05$ ), o maior IP foi obtido para as dietas contendo a maior inclusão de hidrolisado proteico de penas (PHP5) (Tabela 4).

**Tabela 4** – Valores médios do ensaio de atratividade e palatabilidade dos diferentes níveis de inclusão do hidrolisado de penas em dietas para juvenis de tambacu.

Tratamento*	IP (%)	CP (%)	NR	NA	PP (s)
PHP0	0,00	65,51±27,61	1,99±1,06	2,43 ± 2,33	1,73 ± 0,61
PHP1	3,10	69,39±23,13	2,22±1,03	2,54 ± 2,64	1,94 ± 0,53
PHP2	3,83	70,72±20,42	2,17±1,01	2,43 ± 2,88	1,98 ± 0,55
PHP3	0,70	66,36±29,74	1,87±1,00	1,98 ± 2,00	2,13 ± 0,93
PHP4	6,80	72,00±26,10	1,62±0,73	1,97 ± 1,90	1,67 ± 0,68
PHP5	11,42	79,33±21,98	1,45±0,79	1,96 ± 1,93	1,59 ± 0,60

\*PHP0: Controle, PHP1: 1% hidrolisado de penas, PHP2: 2% hidrolisado de penas, PHP3: 3% hidrolisado de penas, PHP4: 4% hidrolisado de penas e PHP5: 5% hidrolisado de penas.

\*IP= Índice de palatabilidade; CP= Consumo de peletes; NR= Número de rejeições após a captura; NA= Número de aproximações sem consumir o pelete; PP= Tempo de captura do primeiro pelete.

Fonte: Autores.

As respostas obtidas com a análise do comportamento de consumo de peletes mesmo que sem diferença estatística ( $P > 0,05$ ), demonstram que as dietas com a inclusão do hidrolisado proteico de penas (PHP1, PHP2, PHP3, PHP4 e PHP5) proporcionaram aumento no consumo dos peletes ofertados comparados ao tratamento controle (PHP0), em que houve um incremento médio no consumo de 6,05%, demonstrando não interferir negativamente na palatabilidade da dieta.

A rejeição de peletes está atrelada a detecção e ao reconhecimento de substâncias agradáveis ou desagradáveis pelo animal, possibilitando analisar se o alimento será ingerido ou rejeitado (Pereira da Silva e Pezzato, 2000ab; Lokkeborg et al., 2014; Olsen e Lundh, 2016; Moraes, 2016). Os valores obtidos para as dietas com a inclusão do hidrolisado proteico de penas demonstram que conforme houve o aumento do percentual de inclusão (PHP1, PHP2, PHP3, PHP4 e PHP5), ocorreu também a redução da rejeição. Os maiores valores de peletes rejeitados foram obtidos em dietas com menores inclusões PHP1 e PHP2 sendo 0,2 vezes maiores que a dieta controle positivo (PHP0). Por outro lado, os menores valores de rejeição foram obtidos nas inclusões de PHP3, PHP4 e PHP5, 0,34 vezes menores comparando com a dieta controle positivo (PHP0).

As dietas com inclusão do hidrolisado proteico de penas apresentaram valores próximos a dieta contendo apenas farinha de peixe, quando relacionado ao número de aproximações sem captura. As PHP3, PHP4 e PHP5 apresentaram o menor número de aproximação sem captura de peletes em relação à dieta controle, no entanto não apresentaram efeito significativo ( $P > 0,05$ ). O uso de hidrolisados proteicos (de alto e baixo grau de hidrólise) de resíduo de sardinha em relação aos tratamentos contendo extrato de músculo de tilápia do Nilo (controle positivo) e água destilada (controle negativo), utilizado

por Broggi et al. (2017), fez com que os jundiás (*Rhamdia quelen*) percorressem os aquários com maior frequência tentando localizar a fonte do estímulo químico.

A percepção rápida do alimento faz parte do comportamento alimentar dos peixes, o qual pode ser estimulado pela utilização de alimentos com boa atratividade, estes estimulam uma resposta extraoral e, assim, ao perceber esse estímulo, o peixe se empenha para localizar o alimento (Kasumyan e Doving, 2003; Moraes, 2016). Importante para redução da lixiviação de nutrientes na água, a rápida captura da dieta ainda garante a ingestão de um alimento completo, balanceado, proporcionando a redução dos impactos ocasionados pela perda de nutrientes para o meio ambiente, devido a exposição do alimento na água (Cyrino et al., 2010; Oliveira et al. 2022). Mesmo sem diferença estatística ( $P > 0,05$ ) as respostas obtidas demonstraram que o melhor resultado para esta variável foi obtido para a PHP5 em que o tempo de captura do primeiro pelete comparado ao tratamento controle (PHP0) foi de 0,14 milésimos de segundos a menos. Para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com hidrolisado proteico de frango, fígado suíno e penas, Alves et al. (2019a), observaram que o tempo médio para a captura do alimento foi de 0,82 segundos, enquanto a dieta controle obteve valor de 0,87 segundos. Fatores estes relacionados a resposta gustatória extraoral, que quando bem desenvolvida, faz com que o animal exerça esforço para localizar ou evitar o alimento, realizando movimentos de parada, retorno, nadar para trás, virar-se para o lado, realizar movimentos circulatorios e de zigue-zague para localizar o objeto (Kasumyan e Doving, 2003).

Com os resultados obtidos, pode-se inferir que a inclusão do hidrolisado proteico de penas pode ser utilizado em dietas para a espécie em estudo e ainda ser uma alternativa para a indústria de formulações de rações pois este não resultou em alterações da palatabilidade e do comportamento alimentar do tambacu. Ressaltando a PHP5 que apresentou o melhor IP (11,42), a maior ingestão 79,33 %, o menor número de rejeição após captura do primeiro pelete 1,45, o menor número de aproximações sem captura e o menor tempo de captura do primeiro pelete 1,59.

#### 4. Conclusão

As dietas com a inclusão do hidrolisado proteico de penas proporcionou índice de palatabilidade positivo, demonstrando ser um ingrediente promissor à substituição da farinha de peixe em dietas para tambacu (*Colossomacropomum x Piaractusmesopotamicus*). A partir deste resultado o direcionamento das avaliações de comportamento alimentar dos animais poderá ser no sentido da definição não só da influência dos aminoácidos, mas também dos peptídeos bioativos constituintes dos hidrolisados.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa BRF Ingredientes pela doação do ingrediente e ao Grupo de Estudos em Gestão da Aquicultura - GEMAq da Universidade do Oeste do Paraná (UNIOESTE) campus Toledo-PR, pela disponibilização dos estudos laboratoriais e suporte técnico.

#### Referências

- Alves, R. S. A., Oliveira, S. R., Luczinski, T. G., Paulo, I. G. P., Boscolo, W. R., Bittencourt, F., & Signor, A. (2019b). Palatability of protein hydrolysates from industrial byproducts for Nile tilapia juveniles. *Animals*, 9, 2-11. <https://doi.org/10.3390/ani9060311>.
- Alves, D. R. S.; Oliveira, S. R.; Luczinski, T. G.; Boscollo, W. R.; Bittencourt, F.; Signor, A.; & Detsch, D. T. (2020a) Atração e palatabilidade de hidrolisados de proteína líquida para jovens de tilápia do Nilo. *Pesquisa de Aquicultura*, 51, 4 pp 1681-1688 DOI: <https://doi.org/10.1111/are.14514>
- Alves, D. R. S., Oliveira, S. R., Sosa, B; Boscolo, W. R.; Signor, A., & Bittencourt, F. (2020b). Compelling palatability of flavoring Atractus AQVA® for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*. <http://dx.doi.org/10.3856/vol48-issue2-fulltext-2355>.
- Arana, L. V. (2004) *Princípios químicos da qualidade de água em aquicultura: uma revisão para peixes e camarões*. 2.ed. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina. 231p.

- Baldisseroto, B. (2002) Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria 2002. 212 p.
- Boscolo, W. R.; Meurer, F.; Feiden, A.; Hayashi, C. Reidel, A.; & Genteline, A. L. (2005). Farinha de vísceras de aves em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) na fase de reversão sexual. Revista Brasileira de Zootecnia, v.34, p.373-377.
- Broggi, J. A., Wosiak, B. Uczay, J., Pessatti, M L... & Fabregat, T E H P (2017). Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., 69(2): 505-512.
- Cyrino, J E P, Bicudo, A J A, Sado, R Y, Borghesi, R. & Dairiki, J.K. (2010). A piscicultura e o ambiente - o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. Revista Brasileira de Zootecnia, 39 ,68-87. <https://doi.org/10.1590/S1516-359820100001300009>
- Chotikachinda, R., Tantikitti, C., Benjakul, S., Rustad, T. & Kumarnsit, E (2013). Production of protein hydrolysates from skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* viscera as feeding attractants for Asian seabass *Lates calcarifer*. Aquacult. Nutr., 19(5): 773-784.
- Faria, A. C. E.A., Hayashi, C, Galdioli, E M & Soares. C. M (2001). Farinha de peixe em rações para alevinos de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* L. linhagem tailandesa. Acta Scientiar., 23(4): 903-908.
- Fries, E. M., J. Luchesi, J D. Costa, J. M. Ressel, C. . Signor, A. Boscolo, W R & Feiden. A (2011) Hidrolisados cárneos proteicos em rações para alevinos de Kinguio *Carassius auratus*. Bol. Instit. Pes., 37(4): 401-407.
- Furuya, W. M. (2010). Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias. 1ª ed. Toledo: GFM. 100p.
- Glencroos, B. D., Booth, M. & Allan, G L. (2007). A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. Aquacult. Nutr., 13(1): 17-34.
- Gonçalves, A. C. Murgas, L. D. S., Rosa, P. V. e, Navarro, R. D., Costa, D. V. da, Teixeira, E. de A. (2010). Desempenho produtivo de tambacus alimentados com dietas suplementadas com vitamina E. Pesquisa agropecuária brasileira. Vol 45. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2010000900010>
- Hara, T. J. (2011). Smell, taste, and chemical sensing chemoreception (smell and taste): An introduction. In A. P. Farrell (Ed.), Encyclopedia of fish physiology (pp. 183–186). San Diego, CA: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374553-8.00021-6>.
- Instituto Adolfo Lutz (2004). Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análises de alimentos (4ª ed., 1020 p). São Paulo, SP: IMESP.
- Kasumyan, A. O. (1997). Recepção gustativa e comportamento alimentar em peixes. Journal of Ichthyology, 37, 78-93.
- Kasumyan, A. O., & Doving, K.B . (2003). Preferências de gosto em peixes. Peixes e Pesca, 4, 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>
- Kasumyan, A. O., & Morsi, A. M. (1996). Sensibilidade ao sabor de carpa comum *Cyprinus carpio* para aminoácidos livres e substâncias clássicas de sabor. Journal of Ichthyology, 36, 391-403.
- Kasumyan, A. O., & Sidorov, S. S. (2012). Efeitos da anosmia de longo prazo combinados com a privação de visão sobre a sensibilidade do sabor e o comportamento alimentar da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Ichthyology, 52, 109-119.
- Kotzamanis, Y. P., E. Gisbert, F. J. Gatesoupe, J. Z. Infante & Cahu. C. (2007). Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. Comp. Biochem. Physiol. Part A, 147(1): 205-214.
- Lokkeborg, S., Siikavuopio, S. I., Humborstad, O. B., Palm, A. C. U., & Ferter, K. (2014). Towards more efficient longline fisheries: Fish feeding behavior, bait characteristics and development of alternative baits. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 24, 985–1003
- Mearns, K. J. (1986). Sensitivity of brown trout (*Salmo trutta* L.) and Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry to amino acids at the start of exogenous feeding. Aquaculture, 55(3), 191–200. doi:10.1016/0044-8486(86)90114-6
- Melo, J. S. C.; &Pereira, J. A. (1994). Crescimento do híbrido tambacu (fêmea de *Colossoma macropomum* x macho de *Piaractus mesopotamicus*) em criação intensiva. Boletim Técnico do CEPTA, v.7, p. .
- Merino, G., M. Barange & Mullan. M (2010). Climate variability and change scenarios for a marine commodity: modelling small pelagic fish, fisheries and fishmeal in a globalized market. J. Mar. Syst., 81(1): 196-205.
- Moraes, S. (2016). The Physiology of Taste in Fish: Potential Implications for Feeding Stimulation and Gut Chemical Sensing. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 25(2), 133–149. doi:10.1080/23308249.2016.1249279
- Oliveira, S. R.; Boscolo, W. R.; Alves, D. R. S.; Assis, J. F.; Signor, A.; & Bittencourt, F. (2022). Attractivity and palatability of different hydrolysed proteins for the ornamental species *Betta splendens* (Regan, 1910). Aquaculture Research (ONLINE) **JCR**.
- Olsen, K. H., & Lundh, T. (2016). Feeding stimulants in an omnivorous species, crucian carp *Carassius carassius* (*Linnaeus 1758*). Aquaculture Reports, 4, 66–73. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2016.06.005>
- Pereira, M. C.; Azevedo, R. V.; & Braga, L.G.T. (2011). Óleos vegetais em rações para o híbrido tambacu (*macho Piaractus mesopotamicus* x fêmea *Colossoma macropomum*). Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal [online], v.12, n.2, p.551-562.
- Pereira da Silva, E. M. & Pezzato, L. E. (2000). Respostas da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade de ingredientes utilizados na alimentação de peixes. Revista Brasileira de Zootecnia, 29 1273-1280. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000500003>
- Silva, T.C., Rocha, J D M, Moreira, P., Signor, A & Boscolo, W. R.. (2017). Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. Pesq. Agropec. Bras. 52(7): 485-492.

Siikavuopio, S.I., James, P., Stenberg, E., Evensen, T., & Saether, B.S. (2017). Avaliação do hidrolisado proteico de subproduto da indústria pesqueira para inclusão na isca na pesca com palangre e em panela do bacalhau atlântico. *Pesca Research*, 188, 121–124. doi.org/10.1016/j.fishr es.2016.11.02

Srichanun, M., C. Tantikiti, Kortner, T M Krogdahn, A. & Chotikachinda.R. (2014). Effects of different protein hydrolysate products and levels on growth, survival rate and digestive capacity in Asian seabass *Lates calcarifer* Bloch larvae. *Aquaculture*, 428-429: 195-202.

Zhou, Q.C. & Yue R. (2012). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*. *Aquaculture Res.*, 43(6): 806-814.