

## Desempenho produtivo do híbrido Patinga (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) alimentado com ração de origem vegetal com diferentes níveis de hidrolisado proteico de pescado

Thibério Carvalho da Silva<sup>1</sup>   Wilson Rogério Boscolo  

Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, Brasil.

**Resumo.** O objetivo neste trabalho foi avaliar o desempenho produtivo do híbrido patinga (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) alimentado com ração de origem vegetal com diferentes níveis de hidrolisado proteico de pescado (HPP). O HPP foi produzido com 80 % de resíduos da filetagem da tilápia (cabeças, vísceras, escamas, barbatanas, coluna vertebral e tecido aderido) e 20 % de sardinha inteira. Foram utilizados 375 animais com peso médio de  $0.4 \pm 0.005$  gramas. Foram elaboradas cinco dietas com níveis crescentes de HPP: 0, 2, 4, 6 e 8 %. O período experimental foi de 45 dias. A composição centesimal do HPP foi de 40.74 % de proteína bruta, 54.06 % de lipídeos, 3.23 % de cinzas e 6.429 kcal kg<sup>-1</sup> de energia bruta (valores com base na matéria seca). Em relação ao desempenho produtivo, na análise polinomial, o peso final, o ganho de peso, o comprimento final e a taxa de crescimento específico apresentaram resultados positivos com inclusão de 4 % de do HPP ( $p < 0.05$ ). Porém, a taxa de eficiência proteica e sobrevivência não mostrou diferença significativa ( $p > 0.05$ ). O desempenho produtivo do alevino de patinga foi melhorado a inclusão de 3.32 % de HPP em rações a base de ingredientes de origem vegetal.

**Palavras-chave:** alimentação, aquicultura, aproveitamento de coprodutos, nutrição.

## Productive performance of the hybrid Patinga (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) fed plant-derived feed with different levels of fish protein hydrolyzate

**Abstract.** The objective of this work was to determine the proximate composition of fish protein hydrolyzate (FPH) and to evaluate the productive performance of fingerlings of the patinga hybrid (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) fed with feed based on plant-based ingredients. The FPH was produced with 80 % of tilapia filleting residues (heads, viscera, scales, fins, vertebral column and adherent tissue) and 20 % of whole sardines. Five diets were elaborated with increasing levels of 0, 2, 4, 6 and 8 % of FPH. The experimental period was 45 days. For productive performance, 375 animals were used with an average weight of  $0.4 \pm 0.005$  g. The proximate composition of FPH was 40.74 % crude protein, 54.06 % lipids, 3.23 % ash and 6.429 kcal kg<sup>-1</sup> of gross energy (values based on dry matter). Regarding performance, in the polynomial analysis, final weight, weight gain, final length and specific growth rate showed positive results up to 4 % of HPP inclusion ( $p < 0.05$ ). However, the protein efficiency rate and survival did not show significant differences ( $p > 0.05$ ). The productive performance of fingerlings of patinga was improved by the inclusion of 3.32 % of HPP in rations based on ingredients of vegetable origin.

**Keywords:** aquaculture, food, use of co-products, nutrition.

## Comportamiento productivo del híbrido Patinga (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) alimentado con alimentos de origen vegetal con diferentes niveles de hidrolizado de proteína de pescado

**Resumen.** El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de hidrolizado de proteína de pescado en el comportamiento productivo de la patinga híbrida (*Piaractus mesopotamicus* × *Piaractus brachypomus*) alimentada con dietas a base de ingredientes vegetales. El HPP se elaboró con un 80 % de residuos del fileteado de tilapia (cabezas, vísceras, escamas, aletas, columna vertebral y tejido adherente) y un 20 % de sardina entera. Se elaboraron cinco dietas con niveles crecientes de 0, 2, 4, 6 y 8 % de HPP. El periodo experimental fue de 45 días. Para el

comportamiento productivo se utilizaron 375 animales con un peso promedio de  $0.4 \pm 0.005$  g. La composición próxima de HPP fue 40.74 % proteína bruta, 54.06 % lípidos, 3.23 % cenizas y 6.429 kcal  $\text{kg}^{-1}$  de energía bruta (valores en base a materia seca). En cuanto al rendimiento, en el análisis polinomial, el peso final, la ganancia de peso, la longitud final y la tasa de crecimiento específico mostraron resultados positivos hasta el 4 % de inclusión de HPP ( $p < 0.05$ ). Sin embargo, la tasa de eficiencia proteica y la supervivencia no mostraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Se mejoró el comportamiento productivo de alevines de patinga con la inclusión de 3.32 % de HPP en raciones a base de ingredientes de origen vegetal.

**Palabras clave:** acuicultura, alimentación, aprovechamiento de coproductos, nutrición.

### Introdução

Com o desenvolvimento do setor aquícola, a produção de resíduos e a busca por nutrientes para a alimentação animal aumentam proporcionalmente. A farinha de peixe é um dos ingredientes mais utilizados na aquicultura pois é fonte de proteína, energia digestível, minerais e vitaminas (Pezzato *et al.*, 2002). Contudo, a oferta e disponibilidade desse produto no mercado é variável. Em decorrência disso, o preço limita o uso da farinha de peixe, e a demanda elevada pressiona o mercado para encontrar soluções mais econômicas (FAO, 2020; Hardy, 2010). Diversos estudos estão sendo realizados para encontrar substitutos totais ou parciais da farinha de peixe, um concentrado proteico muito usado na elaboração de dietas para organismos aquáticos. Um produto com grande potencial para a substituição da farinha de peixe, nesse contexto, é o uso do hidrolisado proteico de peixe (HPP). Este produto é o resultado da clivagem das proteínas, catalisado por ação enzimática ácida ou alcalina, em unidades peptídicas de vários tamanhos e aminoácidos livres (Kristinsson, 2006; Pasupuleti *et al.*, 2010). O processo enzimático permite obter produtos com alta funcionalidade e alto valor nutritivo (Furlan e Oetterer, 2002). A modificação da estrutura da proteína é empregada para adequar as propriedades funcionais do alimento, tais como especificidade, digestibilidade e variedade de grupos funcionais (Furlan e Oetterer, 2002; Zavareza *et al.*, 2009).

Esse ingrediente mostra alto teor de proteína (Foh *et al.*, 2011; Mazorra-Manzano *et al.*, 2012; Chalamaiah *et al.*, 2013) com 98 % de digestibilidade (Silva *et al.*, 2017). Assim o HPP é recomendado na alimentação de peixes cultivados nas fases iniciais de vida, que possuem um

trato digestório pouco desenvolvido morfológicamente e a atividade enzimática é incipiente (Kristinsson, 2006). Além de fonte proteica, os HPP na aquicultura potencializam a palatabilidade (Alves *et al.*, 2019). Nos rios, lagoas e tanques de aquicultura das diversas regiões brasileiras há uma rica diversidade de peixes nativos, e outros utilizados para a produção contínua e escalonada, como tambaqui (*Colossoma macropomum*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Nesse contexto entra também o cultivo de peixes híbridos (Jerônimo *et al.*, 2015), tais como o patinga, resultante do cruzamento entre uma fêmea de pacu e um macho de pirapitinga (*Piaractus brachypomus*). O patinga, quando comparado às espécies parenterais, apresenta crescimento rápido, rusticidade, tolerância às variações de temperatura e baixos níveis de oxigênio, (Hashimoto *et al.*, 2012). No ano 2019 sua produção conjunta com o pacu foi de 11.542 toneladas (IBGE, 2019). Outra característica favorável do híbrido patinga é o hábito alimentar onívoro, que possibilita o uso de elevadas porcentagens de ingredientes vegetais nas dietas, obtendo aproveitamento otimizados de aminoácidos e carboidratos, devido à morfologia e fisiologia do seu sistema digestivo (Baldisserotto *et al.*, 2014). São necessários mais estudos nutricionais para espécies nativas de peixes na busca alimentos alternativos, visando diminuir o custo de produção e garantir o melhor desempenho dos animais. Desta forma, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho produtivo do híbrido patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachypomus*) alimentado com ingredientes de origem vegetal e diferentes níveis de hidrolisado proteico de pescado (HPP).

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Aquicultura e Nutrição de Peixes do Grupo de Estudos de Manejo na Aquicultura (GEMAQ), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Toledo.

#### Animais e tratamentos

Um total de 375 alevinos de patinga, obtidos no biotério de criação no município de Toledo-PR, foi distribuído aleatoriamente em 25 tanques de vidro (15 animais cada) com volume útil de 30 litros, em

delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de cinco dietas a base de ingredientes de origem vegetal, com cinco níveis de inclusão de HPP (0; 2; 4; 6 e 8 %) na forma líquida. Os peixes foram alimentados quatro vezes ao dia (às 8, 11, 14 e 17 horas), até a saciedade aparente, pelo período experimental de 45 dias. As dietas experimentais foram formuladas de acordo com a recomendação do NRC (2011), de forma que as dietas foram isoprotéicas e isoenergéticas (Tabela 1). As determinações de proteína, energia e gordura foram realizadas de acordo com AOAC (2012). Os tanques foram equipados individualmente de filtro, termostato de 50 w e equipamento de aeração constante (soprador de ar central), de forma que duas sifonagens foram realizadas ao dia (9 h e 18 h). A temperatura média da água, pH e oxigênio dissolvido foram de  $27.23 \pm 0.54$  °C,  $7.2 \pm 0.01$  e  $6.4 \pm 0.32$  mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, e permaneceram entre valores considerados adequados (Urbinati e Gonçalves, 2007) ao longo do tempo.

#### Tratamento de hidrolise dos subprodutos de pescado

Em geral, a produção do HPP é constituído de 80 % de resíduo da filetagem de tilápia-do-nylo (cabeças, vísceras, escamas, barbatanas, coluna vertebral e tecido aderido) e 20 % de sardinha inteira, incluída no produto para intensificar aroma e sabor de pescado no HPP e aumentar a aceitação do produto final pelos peixes (Broggi *et al.*, 2017). No presente trabalho, a matéria prima foi triturada num processador de alimentos da marca CAF, modelo Boca 5, com potência de 250 watts e capacidade de 30 kg h<sup>-1</sup>. Em seguida, o volume de água igual a 20 % do valor da massa foi adicionado e homogeneizado por aproximadamente 5 min num agitador mecânico modelo RW 20 (Ika Brasil Equipamentos Laboratoriais, Analíticos e Processos Ltda, Campinas-SP, Brasil). Logo depois, hidroxitolueno butilado (BHT) e hidroxianisol butilado (BHA) foram adicionados numa percentagem de 0.01. A temperatura da água, em banho-maria, foi ajustada para 60 °C, considerada adequada para ótima atividade enzimática. A enzima alcalase (0.5 %) foi adicionada e a massa foi agitada continuamente, durante 60 min. Após esse período, a atividade enzimática foi interrompida, pelo aumento da temperatura para 85 °C, por 15 min. Ao final do processo, o hidrolisado líquido foi filtrado em peneira de aço (0.5 mm), para a separação de pequenos ossos. A análise centesimal do HPP (proteína bruta, extrato etéreo, cinzas e energia bruta) foi realizada de acordo com AOAC (2012).

Os ingredientes, para a produção das dietas, foram inicialmente triturados num moinho do tipo martelo, com peneira de 0.3 mm. Em seguida, os ingredientes foram pesados e misturados manualmente e extrusada numa extrusora (Ex-Micro®) com 1,0 mm de diâmetro. Após, as dietas foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55 °C, por 12 horas.

#### Determinações realizadas nos animais

Ao final do período experimental, os peixes foram mantidos em jejum por 24 horas e, após este período, foram efetuadas as determinações individuais de peso (g) e comprimento total (mm). Os cálculos de desempenho produtivo foram:

- Ganho de peso: Pf (peso final); Pi (peso inicial).  

$$GP = Pf - Pi$$

- Taxa de sobrevivência: Nf (número de peixes final); Ni (número de peixe inicial).  

$$TS \% = \frac{Nf}{Ni} * 100$$

- Taxa de crescimento específico: lnPf (log natural do peso final); lnPi (log natural do peso inicial); Nd (número de dias do experimento).

$$TCE = \left[ \left( \frac{\ln Pf - \ln Pi}{Nd} \right) * 100 \right]$$

- Taxa de eficiência proteica: GP (ganho em peso); quantidade de proteína consumida (PC).

$$TEP = \left( \frac{GP}{PC} \right) * 100$$

#### Análise estatística

Os dados foram submetidos primeiramente à análise de variância (ANOVA) a 5 % de probabilidade, em caso de diferenças significativas prosseguiu para à análise de regressão polinomial a 5 % de probabilidade. Em caso de efeito quadrático, o melhor nível de inclusão foi determinado pelo ponto de máxima da equação, igualando-se a derivada da função a zero ( $0 = 20x + b$ ). Os dados foram calculados utilizando o programa estatístico da Statistical Analysis System [SAS] version 9.3 (2011).

Tabela 1. Composição percentual das dietas experimentais a base de ingredientes vegetais suplementadas com hidrolisados proteicos de pescado (HPP) para alevinos de patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachyomus*).

Ingredientes	Níveis de inclusão de HPP (%)				
	0	2	4	6	8
Farelo de soja	39.37	39.35	39.33	39.31	39.29
Glúten de milho	25.10	23.82	22.55	21.28	20.00
Milho grão	12.58	12.89	13.2	13.51	13.74
HPP	00.00	02.00	04.00	06.00	08.00
Quirera de arroz	05.00	05.00	05.00	05.00	05.00
Glúten de trigo	05.00	05.00	05.00	05.00	05.00
Fosfato bicálcico	03.85	03.84	03.82	03.81	03.80
Isolado proteico de soja	03.00	03.00	03.00	03.00	03.00
Suplemento (mineral + vitamínico) <sup>1</sup>	01.00	01.00	01.00	01.00	01.00
L-Treonina	00.23	00.22	00.22	00.21	00.21
Antifúngico	00.20	00.20	00.20	00.20	00.20
Óleo de soja	04.07	03.09	02.11	01.13	00.15
Inerte (cloreto de colina)	00.10	00.10	00.10	00.10	00.10
Vitamina C	00.10	00.10	00.10	00.10	00.10
L-triptofano	00.06	00.06	00.05	00.05	00.05
DL-metionina	00.01	00.01	00.02	00.02	00.03
Antioxidante	00.02	00.02	00.02	00.02	00.02
Composição	0	2	4	6	8
Energia (kcal kg <sup>-1</sup> )	3.500	3.500	3.500	3.500	3.500
Gordura (%)	06.21	06.20	06.19	06.19	06.18
Proteína (%)	41.30	41.30	41.30	41.30	41.30

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma do produto: vit. A - 500000 UI; vit. D3 - 200000 UI; vit. E - 5000 mg; vit. K3 - 1000 mg; vit. B1 - 1500 mg; vit. B2 - 1500 mg; vit. B6 - 1500 mg; vit. B12 - 4000 mg; ácido fólico - 500 mg; pantotenato de cálcio - 4000 mg; vit. C - 15000 mg; biotina - 50 mg; inositol - 10000; nicotinamida - 7000; colina - 40000 mg; cobalto - 10 mg; cobre - 500 mg; ferro - 5000 mg; iodo - 50 mg; manganês - 1500 mg; selênio - 10 mg; zinco - 5000 mg.

## Resultados

O hidrolisado proteico de pescado apresentou na sua composição centesimal 40.74 % de proteína bruta, 54.06 % de lipídeos, 3.23 % de cinzas e 6.429 kcal kg<sup>-1</sup> de energia bruta (valores com base na matéria seca). Os valores médios das características de desempenho

produtivo obtidos ao final do experimento para o ganho de peso, a taxa de crescimento específico, a taxa de eficiência proteica e a sobrevivência estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Médias e desvio padrão ( $\pm$ ) para as características produtivas de peixes híbrido patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachyomus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis (0, 2, 4, 6 e 8 %) de hidrolisado proteico de pescado (HPP), analisadas através de regressão polinomial a 5 % de probabilidade.

Características produtivas	Níveis de inclusão de HPP (%)					Valor p
	0	2	4	6	8	
<sup>1</sup> Ganho em peso (g)	1.64 $\pm$ 0.43 <sup>a</sup>	1.73 $\pm$ 0.24 <sup>ab</sup>	2.38 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	1.60 $\pm$ 0.14 <sup>ab</sup>	1.34 $\pm$ 0.41 <sup>d</sup>	0.001
<sup>2</sup> Taxa de crescimento específico (%)	1.39 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	1.41 $\pm$ 0.31 <sup>ab</sup>	2.76 $\pm$ 0.51 <sup>c</sup>	1.50 $\pm$ 0.64 <sup>ab</sup>	1.40 $\pm$ 1.47 <sup>abd</sup>	0.013
<sup>3</sup> Taxa de eficiência proteica (%)	0.71 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	0.73 $\pm$ 0.08 <sup>a</sup>	0.97 $\pm$ 0.09 <sup>a</sup>	0.67 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.58 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	0.091
<sup>4</sup> Sobrevivência (%)	55.56 $\pm$ 8.33 <sup>a</sup>	50.00 $\pm$ 10.00 <sup>a</sup>	48.89 $\pm$ 14.81 <sup>a</sup>	60.00 $\pm$ 20.00 <sup>a</sup>	60.00 $\pm$ 16.66 <sup>a</sup>	0.932

<sup>1</sup>Efeito quadrático:  $y = -0.0014x^2 + 0.0093x + 0.0692$ ,  $R^2 = 0.61$ ;

<sup>2</sup>Efeito quadrático:  $y = -0.0534x^2 + 0.427x + 1.2929$ ,  $R^2 = 0.51$ ;

<sup>3,4</sup>Não houve efeito. Letras iguais na mesma linha não diferiram entre si (ANOVA,  $p > 0.05$ ).

O ganho de peso e a taxa de crescimento específico apresentaram efeito quadrático ( $p < 0.05$ ), e a derivada da equação indicou que o nível mais adequado da inclusão de HPP foi 3.32 % e 4 %, respectivamente (Figura 1). Contudo, a taxa de eficiência proteica e sobrevivência não apresentaram diferenças

significativas ( $p > 0.05$ ) entre os tratamentos, embora os melhores resultados observados fossem obtidos no tratamento com 4 % de inclusão do HPP, exceto para sobrevivência cujos efeitos mais expressivos foram nas inclusões 6 e 8 %.

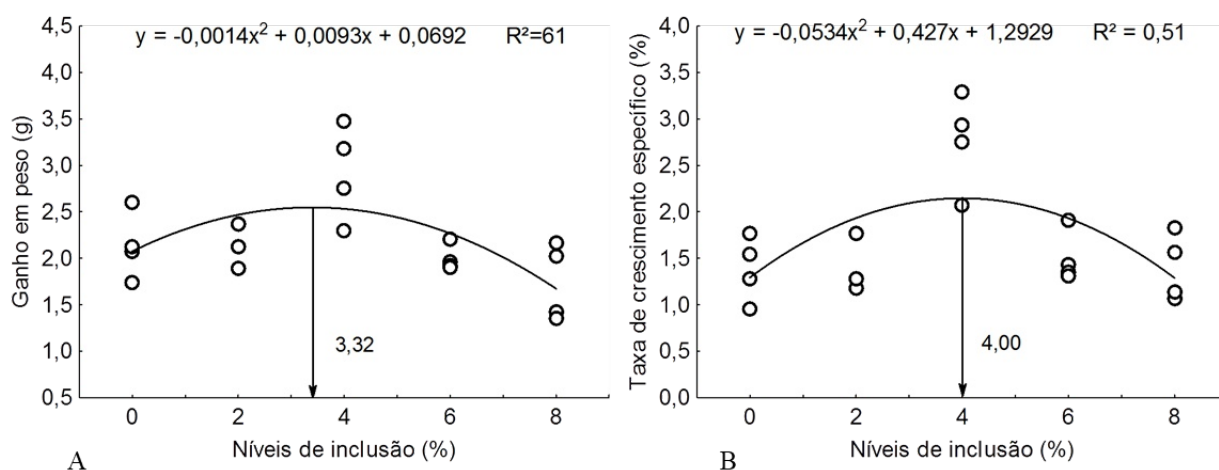


Figura 1. Nível de inclusão do hidrolisado proteico de pescado em dietas a base de ingredientes vegetais para alevinos do híbrido patinga (*Piaractus mesopotamicus* x *Piaractus brachyomus*) relacionado com ganho de peso (A) e taxa de crescimento específico (B).

### Discussão

A inclusão de 3,32 % e 4 % de HPP na ração de base vegetal, otimizou o crescimento e o ganho de peso, respectivamente de alevinos do híbrido patinga. Macedo-Viegas *et al.* (2004) analisaram o crescimento e sobrevivência de larvas de pacu, alimentados com diferentes fontes de proteína animal, dentre estas, o hidrolisado proteico de peixe, o qual se mostrou o mais promissor para ser utilizado como ingrediente na dieta de larvas de pacu. Silva *et al.* (2017), em pesquisa realizada para avaliar o desempenho produtivo de pós-larvas de tilápia, concluiu que o HPP pode ser usado eficientemente em dietas para esta espécie com a inclusão de 4,75 %, visto que se observou o crescimento de fibras musculares caracterizado por hiperplasia, em quantidades superiores. As principais causas dos efeitos positivos do HPP sobre a características produtivas de crescimento em peixes são a melhora da palatabilidade e alta digestibilidade da proteína o que estimula enzimas digestivas, canalizando nutrientes para produção de biomassa (Aguila *et al.*, 2007; Zheng *et al.*, 2012). Para peixes de água doce, assim como espécies marinhas, os melhores resultados foram obtidos usando um nível moderado de hidrolisado (Cahu *et al.*, 1999; Refstie *et al.*, 2004; Kotzamanis *et al.*, 2007). Já, a inclusão acima de 50 % pode ocasionar a diminuição no consumo da ração causado por mudança na palatabilidade do HPP, criado por peptídeos de sabor amargo ou compostos lipídicos rançosos, reduzindo crescimento do animal (Hevroy *et al.*, 2005; TAO *et al.*, 2010).

A composição centesimal do HPP analisada no presente estudo é semelhante a outros hidrolisados citados na literatura e produzidos a partir de coprodutos de pescado, tais como tilápia (Abdul-Hamid *et al.*, 2002), corvina (Martins *et al.*, 2009), camarão (Randriamahatody *et al.*, 2011) e atum (Chotikachinda *et al.*, 2013). As altas quantidades de lipídeos podem estar relacionadas com a origem da matéria prima usada no processo de hidrólise, onde foram aproveitados resíduos do processamento da tilápia e sardinha inteira com vísceras, e consequentemente ter influenciado o teor de proteína. Martins *et al.* (2009), corrobora que os valores baixos de proteínas estão relacionados com a alta quantidade de lipídeos. O teor de cinzas foi relatado por muitos estudos e variam entre 0,45 % a 27 % da composição total (Nilsang *et al.*, 2005; Bhaskar *et al.*, 2008; Ovissipour *et al.*, 2012). O conteúdo relativamente alto de cinzas nos hidrolisados proteicos de pescado é devido ao uso de ácido ou de base adicionados ao meio para o ajuste do PH final pretendido (Pacheco-Aguilar *et al.*, 2008; Choi *et al.*, 2009). Desta forma, tanto a origem da matéria prima quanto o método de hidrólise podem influenciar na composição química do hidrolisado proteico. Com relação ao desempenho produtivo, pesquisas anteriores demonstraram que dietas suplementadas com hidrolisado proteico de pescado podem melhorar o desempenho zootécnico de diversas espécies de peixes nas fases iniciais de vida (Aksnes *et al.*, 2006; Tang *et al.*, 2008; Chotikachinda *et al.*, 2013).

### Conclusão

A suplementação com HPP em dietas a base de ingredientes vegetais melhorou as características de crescimento e ganho de peso em alevinos do híbrido de patinga à nível de 3.32 % de inclusão. Contudo, torna-se necessária a realização de novas pesquisas que

almejem a quantificação de peptídeos e identificação de aminoácidos produzidos durante o processo de hidrólise, bem como avaliação dos efeitos imunológicos e histológicos muscular e do intestino para a espécie estudada.

**Conflito de interesses:** não há conflito de interesse que impeça sua publicação

**Aprovação do Comitê de Experimentação Animal:** o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, campus Toledo-PR.

**Contribuições dos Autores:** todos os autores contribuíram igualmente para a concepção e redação do manuscrito. Todos os autores revisaram criticamente o manuscrito e aprovaram a versão final.

**Financiamento:** não houve.

**Editado por** Aline Freitas de Melo and Omar E. Araujo-Febres.

### Literatura Citada

- Abdul-Hamid, A., J. Bakar, and G. H. Bee. 2002. Nutritional quality of spray dried protein hydrolysate from Black Tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Food Chemistry*, 78:69-74. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00380-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00380-6).
- Aguila, J. R., J. Suszko, A. G. Gibbs, and D. K. Hoshizaki. 2007. The role of larval fat cells in adult *Drosophila melanogaster*. *Journal of Experimental Biology*. 210:956-963. <https://doi.org/10.1242/jeb.001586>. PMID: 17337708.
- Alves, D. R. S., Silva, T. C., Rocha, J. D. M., Oliveira, S. R., Senor, A, and Boscolo, W. R. 2019. Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47:371-376. 10.3856/vol47-issue2-fulltext-19
- Aksnes, A., B. Hope, E. Jönsson, B. T. Björnsson, and S. Albrektsen. 2006. Size-fractionated fish hydrolysate as feed ingredient for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with high plant protein diets. I: Growth, growth regulation and feed utilization. *Aquaculture*, 261:305-317, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.07.025>.
- Association of Official Analytical Chemistry (AOAC). 2012. Official methods of analysis of the AOAC. 19.ed. Gaithersburg, M.D, USA. IBSN: 0935584838.
- Baldisserotto, B., J. E. P. Cyrino, e E. C. Urbinati. 2014. *Biologia e fisiologia de peixes neotropicais de água doce*. Jaboticabal: FUNEP. ISBN: 9788578051358.
- Bhaskar, N., T. Benila, C. Radha, and R. G. Lalitha. 2008. Optimization of enzymatic hydrolysis of visceral waste proteins of catla (Catlacatla) for preparing protein hydrolysate using a commercial protease. *Bioresource Technology*, 99:335-343. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.12.015>.
- Broggi, J. A., B. Wosniak, J. Uczay, M. L. Pessatti, and T. E. Fabregat. 2017. Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 69:505-512. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8348>
- Chalamaiah, M., K. Balaswamy, G. Narsingrao, P. G. Prabhakara-Rao, and T. Jyothirmayi. 2013. Chemical composition and functional properties of mrigal (*Cirrhinus mrigala*) egg protein concentrates and their application in pasta. *Journal of Food Science and Technology*, 50:512-520. <https://doi.org/10.1007/s13197>.
- Choi, Y. J., S. Hur, B. D. Choi, K. Konno, and J. W. Park. 2009. Enzymatic hydrolysis of recovered protein from frozen small croaker and functional properties of its hydrolysates. *Journal of Food Science*, 74:17-24. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00988.x>.
- Chotikachinda, R., C. Tantikitti, S. Benjakul, T. Rustad, and E. Kumarnsit. 2013. Production of protein hydrolysates from skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) viscera as feeding attractants for Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Aquaculture Nutrition*, 19:773-784. <https://doi.org/10.1111/anu.12024>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. *The State of World Fisheries and Aquaculture. Sustainability in action*. Rome. ISBN: 978-92-5-132692-3
- Foh, M. B. K., I. Kamara, B. M. Amadou, and X. Wenshui. 2011. Chemical and physicochemical properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish protein hydrolysate and concentrate. *International Journal of Biological Chemistry*, 5:21-36. <https://doi.org/10.3923/ijbc.2011.21.36>.



- Hardy, R. W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41:770-776. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x>.
- Hashimoto, D. T., J. A. Senhorini, F. Foresti, and F. Porto-Foresti. 2012. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. *Reviews in Aquaculture*, 4: 108-118, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1753-5131.2012.01067.x>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2019. Produção da Pecuária Municipal. IBGE. 45, 1-12.
- Jerônimo, G. T., L. Franceschini, A. C. Zago, R. J. Silva, S. B. Pádua, A. S. Ventura, M. M. Ishikawa, M. Tavares-Dias, e M. L. Martins. 2015. Parasitos de peixes characiformes e seus híbridos cultivados no Brasil. In: Tavares-Dias, M., e Mariano, WS. *Aquicultura no Brasil: novas perspectivas* (p. 429). São Carlos: Pedro & João Editores. ISBN. 978-85-7993-272-4.
- Kristinsson, H. G. 2006. The Production, properties, and utilization of fish protein hydrolysates. In: Shetty, K., Paliyath, G., Pometto, A., and Levin, R. E. *Food Biotechnology* (p.1111-1133). New York: Taylor & Francis Group. ISBN: 0824753291.
- Macedo-Viegas, E., M. C. Portella, and D. J. Carneiro. 2004. Utilization of Fish Protein Hydrolysate in Prepared Diets for Pacu (*Piaractus mesopotamicus*), Larvae. *Journal of Applied Aquaculture*, 14:101-112. [https://doi.org/10.1300/J028v14n03\\_08](https://doi.org/10.1300/J028v14n03_08).
- Martins, V., C. Guimarães, J. A. Vieira, e C. P. Hernandez. 2009. Hidrolisado protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). *Química Nova*, 32:61-66. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000100012>.
- Mazorra-Manzano, M. A., R. Pacheco-Aguilar, J. C. Ramirez-Suarez, G. Garcia-Sanchez, e M. E. Lugo-Sanchez. 2012. Endogenous proteases in Pacific Whiting (*Merluccius productus*) muscle as a processing aid in functional fish protein hydrolysate production. *Food and Bioprocess Technology*, 5, 130-137. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0374-9>.
- National Research Council (NRC). 2011. Nutrient requirements of fish and shrimp. The national academies press: Washington. ISBN: 0309163382.
- Nilsang, S., S. Lertsiri, M. Suphantharia, and A. Assavanig. 2005. Optimization of enzymatic hydrolysis of fish soluble concentrate by commercial proteases. *Journal of Food Engineering* 70(4), 571-5780. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.10.011>.
- Ovissipour, M., A. Abedian-Kenari, A. Motamedzadegan, and R. M. Nazari. 2010. Chemical and biochemical hydrolysis of persian sturgeon (*Acipenser persicus*) visceral protein. *Food and Bioprocess Technology*, 5:460-465. <https://doi.org/10.1007/s11947-009-0284-x>.
- Pacheco-Aguilar, R., M. A. Mazorra-Manzano, and J. C. Ramirez-Suarez. 2008. Functional properties of fish protein hydrolysates from Pacific whiting (*Merluccius productus*) muscle produced by a commercial protease. *Food Chemistry* 109:782-789. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.01.047>.
- Pasupuleti, V. K., C. Holmes, and A. L. Demain. 2010. Applications of protein hydrolysates in biotechnology. In: Pasupuleti, V. K., and DEMAIN, A. L. *Protein Hydrolysates in Biotechnology* (p.1-10). New York: Springer. ISBN: 1402066732.
- Pezzato, L. E., E. C. Miranda, M. M. Barros, L. G. Pinto, W. M. Furuya, e A. Pezzato. 2002. Digestibilidade aparente de ingredientes para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31:1595-1604. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000700001>.
- Randriamahatody, Z., K. S. B. Sylla, H. T. M. Nguyen, C. Donnay-Moreno, L. Razanamparany, N. Bourgougnon, and J. P. Bergé. 2011. Proteolysis of shrimp by-products (*Penaeus monodon*) from Madagascar CyTA. *Journal of Food* November 9:220-228. <https://doi.org/10.1080/19476337.2010.518250>.
- Refstie, S., J. J. Olli, and H. Standal. 2004. Feed intake, growth, and protein utilization by post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) in response to graded levels of fish protein hydrolysate in the diet. *Aquaculture* 239(1-4), 331-349. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.06.015>.
- Silva, T.C., J. D Rocha, P. Moreira, A. Signor, and W. R. Boscolo. 2017. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 52:485-492. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700002>
- Statistical Analysis Systems [SAS]. 2011. SAS/STAT User's guide, Version 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Tang, H., T. Wu, Z. Zhao, and X. Pan. 2008. Effects of fish protein hydrolysate on growth performance and humoral immune response in large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea* R.). *Journal of Zhejiang University*, 9:684-690. <https://doi.org/10.1631/jzus.B0820088>.
- Tao, R., X. Huang, J. Wang, H. Zhang, Y. Zhang, and M. Li. 2010. Proposed diagnostic criteria for internet addiction. *Addiction*, 105:556-64. <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2009.02828.x>. PMID: 20403001.

- Urbinati, E. C., e F. D. Gonçalves. 2005. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: Baldisseroto, B., Gomes, L. C. (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil (p.225-256). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. IBSN: 9788573911350
- Zavareze, E. R., C. M. Silva, M. S. Mellado, e C. Prentice-Hernández. 2009. Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. *Química Nova*, 32:1739-1743. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000700011>.
- Zheng, K., M. Liang, H. Yao, J. Wang, and Q. Chang. 2013. Effect of size fractionated fish protein hydrolysate on growth and feed utilization of turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Aquaculture Research*, 44:895-902. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03094.x>.