

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 31/05/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PROTEÍNA HIDROLISADA DE FÍGADO SUÍNO EM
DIETAS PARA ALEVINOS DE DOURADO (*Salminus
brasiliensis*) E TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Ricácio Luan Marques Gomes

Jaboticabal – SP

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP

**PROTEÍNA HIDROLISADA DE FÍGADO SUÍNO EM
DIETAS PARA ALEVINOS DE DOURADO (*Salminus
brasiliensis*) E TILÁPIA-DO-NILO (*Oreochromis niloticus*)**

Ricácio Luan Marques Gomes

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antônio Sanches

Co-orientador: Prof. Dr. Wilson Rogério Boscolo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura do Centro de Aquicultura da UNESP – CAUNESP, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor.

Jaboticabal – SP

2022

G633p Gomes, Ricácio Luan Marques
Proteína hidrolisada de fígado suíno em dietas para alevinos de
dourado (*Salminus brasiliensis*) e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) /
Ricácio Luan Marques Gomes. -- Jaboticabal, 2022
x, 76 p. : il., tabs. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de
Aqüicultura, 2022
Orientador: Eduardo Antônio Sanches
Coorientador: Wilson Rogério Boscolo
Banca examinadora: Dacley Hertes Neu, Fábio Bittencourt, Giovani
Sampaio Gonçalves, Luiz Eduardo Lima de Freitas
Bibliografia

1. Abordagens biotecnológicas. 2. Coprodutos agroindustriais. 3.
Ingredientes inovadores. 4. Hidrólise enzimática. 5. Nutrição animal. I.
Título. II. Jaboticabal-Centro de Aqüicultura.

CDU 639.3.043

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Proteína hidrolisada de fígado suíno em dietas para alevinos de dourado (*Salminus brasiliensis*) e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

AUTOR: RICÁCIO LUAN MARQUES GOMES

ORIENTADOR: EDUARDO ANTÔNIO SANCHES

COORIENTADOR: WILSON ROGÉRIO BOSCOLO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AQUICULTURA, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDUARDO ANTÔNIO SANCHES (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Campus Experimental de Registro, Unesp, Registro-SP



Prof. Dr. FÁBIO BITTENCOURT (Participação Virtual)
Engenharia de Pesca / Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo-PR



Prof. Dr. GIOVANI SAMPAIO GONCALVES (Participação Virtual)
Centro do Pescado Continental / Instituto de Pesca, IP, São José do Rio Preto-SP



Prof. Dr. DACLEY HERTES NEU (Participação Virtual)
Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados-MS



Dr. LUIZ EDUARDO LIMA DE FREITAS (Participação Virtual)
Núcleo Temático de Pesca e Aquicultura / EMBRAPA, Palmas-TO

Jaboticabal, 31 de maio de 2022

Centro de Aquicultura da Unesp Coordenação
do Programa de Pós-Graduação

Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 Jaboticabal SP Brasil Tel
55 16 32032110 ramal 214 fax 55 16 32032268

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Risaldo Gomes e minha mãe Sônia Gomes, por todo amor, confiança, educação, ensinamentos ao longo de toda minha vida, incentivos, orações e por acreditarem em mim. Minha eterna gratidão!

A minha irmã Ryanne Carolynne, por todo amor, amizade e incentivo.

À minha namorada Gabriela Gomes, por todo amor, apoio, amizade, compreensão e paciência.

À minha filha Ana Rita, que mesmo ainda sem conhecer ainda, veio para iluminar ainda mais minha vida.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, por permitir que vivenciasse todos esses momentos e por mim da sabedoria para vencer os obstáculos da vida.

À Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), ao Programa de Pós-Graduação em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura (CAUNESP).

Aos meus pais por todo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim e apoiarem minhas decisões. Vocês são exemplos de vida e minha inspiração. Amo vocês!

À minha irmã Rianne Carolynne por todo amor, amizade e incentivo em todos os momentos. Te amo!

À minha namorada Gabriela Gomes, pelo amor, amizade, compreensão, paciência e ensinamentos. Grato por caminhar comigo na estrada da vida. Você e Ana Rita, são minhas inspirações para vencer os desafios da vida. Amo vocês!

Ao Professor e orientador, Dr. Eduardo Antônio Sanches, pela dedicada orientação, amizade, confiança, paciência e ensinamentos a mim transmitidos. O senhor é um grande exemplo de profissional e pessoa. Foi uma honra trabalharmos juntos!

Ao Professor e co-orientador, Dr. Wilson Rogério Boscolo, pela amizade, atenção, confiança, ensinamentos repassados, incentivo na pesquisa e pela dedicada co-orientação. Muito obrigado!

Ao Professor Dr. Fábio Bittencourt, pela amizade, atenção, confiança, conselhos, leituras e correções dos artigos. Grato!

Aos Professores Dr. Altevir Signor e Dr. Érico Rodrigues que participaram da banca examinadora da qualificação, pelas sugestões, dicas e ensinamentos.

Aos professores e funcionários da UNESP, CAUNESP e UNIOESTE, que contribuíram de forma direta e indireta na minha formação.

Ao aluno de doutorado do CAUNESP, Bruno Sosa pela amizade, convívio, paciência, ensinamentos, ajuda e momentos de divertimento.

Ao Grupo Fish Reproduction, por todos ensinamentos.

Ao Grupo de Estudos e Manejo na Aquicultura (GEMAQ), por ceder a estrutura para a realização das pesquisas e pelo suporte técnico.

Aos membros do GEMAQ, Marta Cruz, Odair Souza e Robson Araújo, pelo apoio, convívio e paciência durante a realização dos trabalhos.

Aos amigos e colegas do GEMAQ, pelo auxílio, convívio, ensinamentos e confraternizações.

Ao Evandro Bilha Moro, pela atenção, auxílio e por todas as horas de descontração em Jaboticabal - SP.

Ao pessoal da República Xicreti, por todos os momentos de descontração e ajuda em Jaboticabal – SP.

Ao seu Amazilio Consolini, Katita Robatini e Vinicius Robatini, pela amizade, convívio e apoio em Registro – SP.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

Ricácio Luan Marques Gomes, filho de Sônia Maria Marques Gomes e Risaldo Gomes da Silva, nasceu em Pesqueira – PE, no dia 06 de setembro de 1992.

Em agosto de 2010, ingressou no curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, *campus* Serra Talhada. Em agosto de 2015, conclui a graduação obtendo título de Engenheiro de Pesca.

Em março de 2016, iniciou no curso de Pós-Graduação nível Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* Toledo, sendo que em fevereiro de 2018 obteve o título de Mestre.

Em março de 2018, iniciou o Doutorado em Aquicultura pelo Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, *campus* Jaboticabal. Em julho de 2021, obteve a qualificação. Em maio de 2022, submete-se à banca examinadora para a defesa da tese e obtenção de título de Doutor em Aquicultura.

APOIO FINANCEIRO

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Processo nº 88882.433854/2019-1 pela concessão da bolsa. A BRF Ingredients pela disponibilização do ingrediente para o desenvolvimento do estudo e auxílio nas análises.

RESUMO

Ingredientes inovadores desenvolvidos por processos biotecnológicos como as proteínas hidrolisadas produzidas por meio da hidrólise enzimática a partir de coprodutos agroindustriais de origem animal propiciam peptídeos bioativos que exercem funções essenciais no metabolismo do animal. Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar níveis crescentes de proteína hidrolisada de fígado suíno (PHFS) por meio do desempenho produtivo de alevinos de tilápia-do-Nilo e no comportamento alimentar dos alevinos de dourado e tilápia-do-Nilo. Para tanto, foram elaboradas seis dietas, sendo uma ração controle contendo farinha de peixe (FPE) e outras cinco dietas com níveis de inclusão da PHFS (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0%), para os respectivos ensaios experimentais. No primeiro experimento, foram utilizados 480 alevinos de tilápia-do-Nilo com peso médio de $(0,80 \pm 0,07 \text{ g})$, distribuídos em 24 tanques (70 litros), em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Peixes que receberam a suplementação de PHFS apresentaram maior sobrevivência ($P < 0,05$) em comparação com os peixes alimentados com a dieta controle. Com base na regressão polinomial de segunda ordem, os melhores resultados de peso final, ganho em peso, conversão alimentar aparente e taxa de crescimento específico foram obtidos nos peixes que receberam as dietas contendo 2,02%; 2,91%; 2,91% e 2,31% de PHFS, respectivamente. Foram encontradas diferenças ($P < 0,05$) entre os tratamentos para o peso final, ganho em peso, ganho em peso diário, taxa de crescimento específico, conversão alimentar aparente, custo da ração, custo do milheiro e receita líquida. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para as variáveis de composição centesimal, crescimento muscular, tecido hepático, microvilosidade intestinal e custo de alevinos. Conclui-se, que a PHFS pode ser utilizado eficientemente pela tilápia-do-Nilo. Recomenda-se a inclusão de 2,91% de PHFS em dietas para a fase inicial de criação. No segundo experimento, foram utilizados 12 alevinos de tilápia-do-Nilo ($2,80 \pm 0,17 \text{ g}$), e 12 alevinos de dourado ($7,89 \pm 1,05 \text{ g}$). Para ambos os modelos biológicos, os peixes foram distribuídos em 12 aquários com volume de 10 litros, num delineamento experimental em quadrado latino com duas medidas repetidas (manhã e tarde). Os animais passaram por um período de adaptação e treinamento de dez dias para que os peixes se adaptassem a presença humana, para o registro do comportamento alimentar, quantificação de pelete até a saciedade aparente, e horários de alimentação e manejo dos aquários. Os peixes foram alimentados duas vezes

ao dia, para cada alimentação ao longo do dia foram fornecidos 20 peletes por peixe e o ensaio teve duração de seis dias. Em ambos os ensaios, foram observados os comportamentos alimentares referentes ao número de peletes consumidos, número de rejeição do pelete após a captura, número de aproximação sem haver a captura do pelete e tempo de captura do primeiro pelete (s). Foram estabelecidos um período de três minutos de filmagens para cada alimentação realizada com uma câmera digital. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para os comportamentos alimentares. As dietas contendo PHFS proporcionam um índice de palatabilidade positivo para as respectivas espécies. Conclui-se que o uso da PHFS apresenta compostos químicos solúveis em água, atraindo os alevinos de dourado e tilápia-do-Nilo ao alimento, e a uma maior ingestão por parte dos animais. Recomenda-se a inclusão de 5% de PHFS para ambas as espécies.

Palavras-chave: Abordagens biotecnológicas; coprodutos agroindustriais; ingredientes inovadores; hidrólise enzimática; nutrição animal.

ABSTRACT

Innovative ingredients developed by biotechnological processes such as hydrolyzed proteins produced through enzymatic hydrolysis from agro-industrial by-products of animal origin provide bioactive peptides that play essential roles in the animal's metabolism. Two experiments were carried out with the objective of evaluating increasing levels of swine liver hydrolysate protein (PHFS) through the productive performance of Nile tilapia fingerlings and on the feeding behavior of dourado and Nile tilapia fingerlings. For that, six diets were elaborated, being a control diet containing fish meal (FPE) and other five diets with PHFS inclusion levels (1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0%), for the respective experimental tests. In the first experiment, 480 Nile tilapia fingerlings with an average weight of (0.80 ± 0.07 g) were distributed in 24 tanks (70 liters), in a completely randomized design with six treatments and four replications. Fish that received PHFS supplementation showed greater survival ($P < 0.05$) compared to fish fed the control diet. Based on second-order polynomial regression, the best results for final weight, weight gain, apparent feed conversion and specific growth rate were obtained in fish that received diets containing 2.02%; 2.91%; 2.91% and 2.31% of PHFS, respectively. Differences ($P < 0.05$) were found between treatments for final weight, weight gain, daily weight gain, specific growth rate, apparent feed conversion, feed cost, cost per thousand and net income. There were no differences ($P > 0.05$) for the variables of proximate composition, muscle growth, liver tissue, intestinal microvilli and fingerling cost. It is concluded that PHFS can be used efficiently by Nile tilapia. The inclusion of 2.91% PHFS in diets for the initial rearing phase is recommended. In the second experiment, 12 Nile tilapia fingerlings (2.80 ± 0.17 g) and 12 dourado fingerlings (7.89 ± 1.05 g) were used. For both biological models, the fish were distributed in 12 aquariums with a volume of 10 liters, in a Latin square experimental design with two repeated measurements (morning and afternoon). The animals underwent a period of adaptation and training of ten days for the fish to adapt to human presence, to record feeding behavior, quantification of pellets until apparent satiety, and feeding schedules and aquarium management. The fish were fed twice a day, for each feeding throughout the day, 20 pellets were provided per fish and the trial lasted six days. In both trials, feeding behavior was observed regarding the number of pellets consumed, number of pellet rejection after capture, approximation number without pellet capture and time of capture

of the first pellet (s). A period of three minutes of filming was established for each feeding performed with a digital camera. No differences ($P>0.05$) were observed for eating behaviors. Diets containing PHFS provide a positive palatability index for the respective species. It is concluded that the use of PHFS presents chemical compounds soluble in water, attracting the gold and Nile tilapia fingerlings to the food, and to a greater ingestion by the animals. The inclusion of 5% PHFS is recommended for both species.

Keywords: Biotechnological approaches; agro-industrial by-products; innovative ingredients; enzymatic hydrolysis; animal nutrition.

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A aquicultura é uma das grandes vertentes do setor agropecuário mundial, pois pode contribuir substancialmente na obtenção de alimentos funcionais para a saúde humana e no aspecto socioeconômico e ambiental (FAO, 2020). O crescimento da atividade aquícola faz com que a demanda pela produção de ingredientes com qualidade aumente proporcionalmente, a fim de maximizar o desempenho produtivo do animal, bem como, melhorar o valor nutritivo das dietas (Pastore et al., 2012).

É sabido que a farinha de peixe é o ingrediente proteico de origem animal mais utilizado na elaboração de rações para peixes e camarões marinhos, pelo fato de ser uma excelente fonte de nutrientes (NRC, 2011). As rações para peixes tropicais pouco/sequer usam este insumo.

Fontes proteicas obtidas de animais e plantas terrestres têm sido utilizado como ingredientes convencionais em rações para organismos aquáticos (Pastore et al., 2012). Entretanto, existem limitações quanto à inclusão desses componentes principalmente associados a composição nutricional, palatabilidade, digestibilidade, qualidade física, aparência física, presença de fatores antinutricionais e problemas no processamento (Rodrigues et al., 2013), o que compromete a elaboração e formulação de rações.

Neste cenário, uma alternativa promissora para elaboração de dietas aquícolas com a utilização de ingredientes ricos em proteínas é a produção de hidrolisados proteicos a partir de resíduos de coprodutos agroindustriais de suínos (Aristoy & Toldrá, 2011). A produção brasileira de suínos ocupa a quarta posição no ranking mundial de produção (ABPA, 2021), gerando resíduos oriundos das etapas de abate e processamento que podem ser transformados por meio do emprego de biotecnologia através da hidrólise enzimática que catalisam hidroliticamente as ligações peptídicas da molécula de proteína melhorando a disponibilidade de nutrientes, e conseqüentemente o valor nutricional das matérias-primas (Martínez-Alvarez et al., 2015).

A sustentabilidade do crescimento da cadeia produtiva da piscicultura depende de estratégias nutricionais que visam buscar ingredientes alternativos com alta qualidade nutricional, que atendam as exigências nutricionais das espécies, que sejam economicamente viáveis, maximizando o desempenho produtivo e mitigando o impacto ambiental (Cyrino et al., 2010).

O fígado suíno é um ingrediente potencial que apresenta características desejáveis devido a sua alta qualidade biológica como fonte de proteínas, aminoácidos, minerais e

vitaminas (Nollet & Toldrá, 2011). Sendo assim, os peixes apresentam uma excelente oportunidade para destino do produto, pois anualmente são produzidos 82×10^6 t no mundo (FAO, 2020) e 841.005 t no Brasil (PEIXE BR, 2022), o que demandam cerca de $51,36 \times 10^6$ t de ração a nível global (ALLTECH, 2022), e $1,35 \times 10^6$ t a nível nacional (SINDIRAÇÕES, 2022).

Dentre as espécies de peixes, que apresenta maior destaque no Brasil, é a tilápia-do-Nilo, com 534.005 t em 2021, é a espécie mais criada e que demanda a maior quantidade de ração (PEIXE BR, 2022). Outras nativas, no entanto, não são muito produzidas, como é o caso do *Salminus brasiliensis*, popularmente conhecido como dourado, peixe carnívoro, nativo das bacias dos rios Paraná, Paraguai, Uruguai, Alto rio Chaparé e Mamoré (Flora et al., 2010). Mesmo não apresentando alta quantidade de produção, é muito apreciado pelo sabor de sua carne (Flora et al., 2010; Weingartner & Zaniboni-Filho, 2013), sendo parte dos motivos da baixa produtividade da espécie ausência de tecnologia de produção, tais como ausência de ração específica para sua criação.

Apesar de vários avanços recentes na nutrição da tilápia-do-Nilo (Carvalho et al., 2020; Toyas-Vargas et al., 2020; Dos Santos Cardoso et al., 2021; Romanelli et al., 2021) e algumas para o dourado (Braga et al., 2008; Borghesi et al., 2009; Moro et al., 2016; Moro et al., 2017), existe ainda uma lacuna de informações que avaliam a inclusão de novos ingredientes com base em proteína hidrolisada de coprodutos de frigoríficos, tais como o de fígado suíno. Dessa maneira, estudos visam avaliar as respostas fisiológicas, comportamentais e de desempenho zootécnico diante de dietas que contém proteína hidrolisada de fígado suíno, são necessários para compreender se este ingrediente pode ser utilizado e consequentemente, contribuir para o aumento da produtividade e da qualidade dos pescados, auxiliando no fortalecimento da cadeia produtiva da piscicultura.

5.7 Conclusão

As dietas contendo proteína hidrolisada de fígado suíno estimulam o sistema extraoral e oral dos alevinos de dourado e tilápia-do-Nilo, assim, refletindo positivamente no índice de palatabilidade em relação à dieta controle. Portanto, recomenda-se a inclusão de 5% de PHFS nas formulações de dietas comerciais para indução da captura e ingestão das dietas para as duas espécies.

5.8 Referências bibliográficas

- Alves, D. R. S., Silva, T. C., Rocha, J. D. M., Oliveira, S. R., Signor, A., & Boscolo, W. R. (2019). Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(2), 371–376. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19>
- Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA). (2021). Relatórios Anual 2020. São Paulo, p. 75. Disponível em: <http://abpa-br.org/relatorios/>.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th. Ed. AOAC International, Gaithersburg, p. 1094.
- Barnad, P. (2006). Gustatory and olfactory feeding responses in Japanese Koi carp (*Cyprinus carpio*). Tese (Doctor). Faculty of Agricultural Sciences, Department of Animal Sciences, at the University of Stellenbosch, p. 67.
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Feiden, A., Meurer, F., Signor, A.A. (2008). Composição química e digestibilidade aparente da energia e nutrientes da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciência Rural*, 38 (9), 2579-2586.
- Brito, J. M., Pontes, T. C., Tsujii, K. M., Araújo, F. E., Richter, B. L. (2017). Automação na tilapicultura: revisão de literatura Desempenho, piscicultura, tecnologia, tilápias. *Nutritime*, 14(3), 5053-5062.
- Cyrino, J. E. P. (2000). Condicionamento alimentar e exigências nutricionais de espécies carnívoras: desenvolvimento de uma linha de pesquisa. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo (Escola de Agricultura “Luiz de Queiroz”). Piracicaba, São Paulo, p. 200.
- 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.
- Dieterich, F. (2014). Desenvolvimento, avaliação físico-química e biológica de hidrolisado proteico de resíduos agroindustriais para surubim. Tese (doutorado). Universidade Estadual Paulista (Centro de Aquicultura). (p.74). Jaboticabal, São Paulo.

- 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 agro industrial byproducts. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research*, 1(2), 1-8. <https://doi.org/10.15406/jdvar.2014.01.00012>
- Dos Santos Cardoso, M., Godoy, A. C., Oxford, J. H., Rodrigues, R., Dos Santos Cardoso, M., Bittencourt, F., Signor, A., Boscolo, W. R., Feiden, A. (2021). Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, 530, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, p.224.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture*. Rome, p. 227.
- Furuya, W. M. (2010). *Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias*, p. 100: Toledo: GFM.
- Godoy, A. C., Fries, E., Corrêia, A.F., Melo, I. W. A., Rodrigues, R. B., Boscolo, W. R. (2016). Apparent digestibility of fish meat and bone meal in Nile tilapia. *Archivos de Zootecnia*, 65(251), 341–348.
- Glencross, 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. *Aquaculture nutrition*, 13, 17-34.
- Hagen, S.R., B. Frost & J. Augustin. 1989. Precolumn phenylisothiocyanate derivatization and liquid-chromatography of amino-acids in food. *J. Assoc. Of. Anal. Chem.*, 72(6), 912-916.
- Halver JE, Hardy RW (2002). *Fish nutrition* (3th ed., 839 p). San Diego, CA: Elsevier Science.
- Kasumyan, A. O., & Doving, K. B. (2003) Taste preferences in fishes. *Fish and Fisheries*, 4, 289-347. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>
- Kasumyan, A. O., & Mikhailova, E. S. (2018). Rapid gustatory food evaluation in Fish. *Journal of Ichthyology*, 58(6), 916-926. <https://doi.org/10.1134/S0032945218060073>

- Kasumyan, A.O. & A.M. Morsi. (1996). Taste sensitivity of common carp *Cyprinus carpio* to free amino acids and classical taste substances. *Journal of Ichthyology*, 36(3), 391-403.
- Lewandowski, L., Decarli, J.A., Peron, F. DE A., Signor, A., Boscolo, W. R. (2013). Hidrolisados cárneos na alimentação do surubim do Iguaçu (*Steindachneridion melanoderdatum*). *Revista Brasileira de Ciência Veterinária*, 20(4), 222-226. <https://dx.doi.org/10.4322/rbcv.2014.008>.
- Lorenz, E. K., Barone, R. S. C., Yamamoto, F. Y., Cyrino, J. E. P. (2018). Dietary protein hydrolysates from animal by-products: digestibility and enzymatic activity for Dourado *Salminus brasiliensis*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(2), 236-246. <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1424745>
- Lorenz, E. K., Sabioni, R. E., Volkoff, H., Cyrino, J. E. P. (2021). Growth performance, health, and gene expression. Of appetite-regulating hormones in Dourado *Salminus brasiliensis*, fed vegetable-based diets supplemented with swine liver hydrolysate. *Aquaculture*, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737640>
- Mikhailova, E. S., & Kasumyan, A. O. (2016). Orosensory food testing in fish: chronology of behavior. *Biology Bulletin*, 43(4), 318-328.
- Mullen, A.M., Álvarez, C., Zeugolis, D.I., Henschion, M., O'Neill, E., Drummond, L. (2017). Alternative uses for co-products: Harnessing the potential of valuable compounds from meat processing chains. *Meat Science*, 132, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.243>
- National Research Council (NRC). (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. The national academies press, Washington, 379p.
- Oliva-Teles, A., Enes, P., & Peres, H. (2015). Replacing fishmeal and fish oil in industrial aquafeeds for carnivorous fish. *Feed and feeding practices in aquaculture*, 203-233. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00008-8>
- Pasupuleti, V.K., Brauns, S. (2010). State of the art manufacturing of protein hydrolysates. In: Pasupuleti, V. K, Demain, A.L. *Protein hydrolysates in biotechnology*. New York: Springer Dordrec. p. 11-32.

- 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(5), 1273-1280.
- Tacon, A. G. J., Forster, I. P. (2003). Aquafeeds and the environment: policy implications. *Aquaculture*, 226, 181-189. [https://doi:10.1016/S0044-8486\(03\)00476-9](https://doi:10.1016/S0044-8486(03)00476-9)
- Tápparo, D. C., Do Amaral, A.C., Steinmetz, R. L. R., Kunz, A. (2019). Co-digestion of animal manure and carcasse to increase biogás generation. *Biofuel and Biorefinery Technologies*, 9, 99-116. https://doi.1007/978-3-030-10516-7_5
- Toldrá, F., Reig, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 517-522. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.08.007>
- Toldrá, F., Mora, L., & Reig, M. (2016). New insights into meat by-products utilization. *Meat Science*, 120, 54-59. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.04.021>
- Valentinčič, T. (2004). Taste and olfactory stimuli and behavior in fishes. *The Senses of Fish*. p. 90-108. https://doi.10.1007/978-94-007-1060-3_4
- Weingartner, M., Zaniboni-Filho, E. (2013). Biologia e cultivo de dourado. In: *Espécies Nativas para Piscicultura no Brasil* (Baldisseroto, B., Gomes, L.C. (Eds.). Editora UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. p. 257-286.
- White, J. A., Hart, R. J., Fry, J. C. (1986). An Evaluation of the Waters pico-tag system for the amino-acid-analysis of food materials. *Journal of Automatic Chemistry*, 8(4), 170-177.