

CAPÍTULO 5

Tilapicultura: desafios, tendências e estratégias nutricionais sustentáveis

Gregorio Cargnin, Stéfane Sauzem Silva, Maurício Antônio Paz Martins, Diuly Bortoluzzi Falcone, Leila Picolli da Silva

<https://doi.org/10.69570/mp.978-65-84548-39-8.c5>

Resumo

A aquicultura tem se consolidado como um dos setores que mais cresce no mundo, desempenhando papel fundamental na segurança alimentar e no fornecimento de proteína animal de qualidade. A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) destaca-se por sua adaptabilidade, rápido crescimento e eficiência alimentar, sendo atualmente a principal espécie de peixe criada no Brasil e a segunda mais produzida globalmente. Com a intensificação dos sistemas de produção, surgem desafios relacionados à sustentabilidade, ao manejo nutricional e aos custos de produção. A alimentação corresponde a mais de 75% dos custos totais de produção na aquicultura, e a elevada dependência de ingredientes convencionais, como farinha de peixe e farelo de soja, aliada às restrições no uso de antibióticos, tem estimulado a busca por fontes proteicas alternativas e por aditivos naturais capazes de promover o crescimento e a saúde dos peixes. O uso de subprodutos vegetais e compostos bioativos (como polifenóis, fibras e polissacarídeos não amiláceos solúveis) tem se mostrado uma estratégia promissora. Esses componentes podem contribuir para melhorar o desempenho produtivo, a integridade intestinal e a resposta imunológica dos peixes, além de reduzir impactos ambientais e agregar valor a resíduos agroindustriais. Assim, a nutrição funcional e o desenvolvimento de ingredientes sustentáveis se apresentam como caminhos essenciais para o fortalecimento e a inovação da tilapicultura moderna.

Palavras-chaves: bioativos, fontes proteicas, ingredientes alternativos, mercado aquícola, piscicultura, produção animal.

1. Introdução

A aquicultura surgiu como uma importante fonte de produção de alimentos, renda e subsistência, tornando-se um dos setores que mais crescem

no mundo nos últimos anos (Gandolpho *et al.*, 2025). A expansão e o fortalecimento do setor aquícola têm contribuído significativamente para a segurança alimentar e conseqüentemente, no aumento contínuo global do consumo *per capita* de pescado. Nesse cenário, algumas espécies de peixes, como a tilápia-do-Nilo, têm se destacado devido à facilidade de criação e alta demanda (Wang e Lu, 2016). Sua consistente evolução no mercado, reflete-se decisivamente na necessidade de produzir conhecimento inovador, garantindo que a expansão de seu cultivo esteja galgada em qualidade produtiva e responsabilidade ambiental.

Para que este comportamento de mercado continue ascendente, as pesquisas têm voltado especial interesse para o desenvolvimento de estudos sobre aspectos relacionados à nutrição da espécie, uma vez que as rações representam mais de 75% das despesas totais de produção em sistemas intensivos (Musa *et al.* 2025; Rossignoli *et al.*, 2023). Com o crescimento global do setor de aquicultura, o fornecimento de ingredientes essenciais para rações, como a farinha de peixe, tornou-se cada vez mais restrito (Cantillo e Deshpande, 2025; Fantatto *et al.*, 2024). Neste cenário, o uso de ingredientes vegetais nas dietas tem se tornado prática comum.

As fontes vegetais atualmente de maior disponibilidade no mercado são provenientes da soja (farelos e concentrados), as quais também são intensamente usadas nas dietas de outros animais de produção (ex. aves e suínos). Este fato demonstra que a crescente migração da aquicultura para uso dessas fontes proteicas, pode causar competição entre cadeias produtivas, levando à instabilidade de preços e ao aumento da pressão sobre o uso da terra e de insumos agrícolas. Portanto, estudos que abordem sua substituição por fontes alternativas em rações piscícolas, se tornam tão importantes quanto aqueles que buscam substituir fontes proteicas animais por vegetais.

Neste contexto, o objetivo da presente revisão de literatura é abordar o panorama atual sobre a produção de tilápia, seus desafios, tendências e inovações voltadas ao uso de ingredientes alternativos na elaboração de rações e seus reflexos sobre a saúde, metabolismo e desempenho zootécnico da espécie.

2. Características biológicas e produtivas da tilápia

As tilápias pertencem à ordem Perciformes e à família Cichlidae, originárias do continente africano. A partir da década de 1960, sua produção se expandiu globalmente, especialmente em regiões de clima tropical e subtropical. Trata-se de uma espécie altamente adaptável a diferentes condições ambientais e a diferentes sistemas de cultivo como tanques-rede, viveiros escavados e sistemas de recirculação, tolerando variações significativas de temperatura, salinidade e níveis de oxigênio dissolvido. No Brasil, a introdução das tilápias ocorreu na década de 1970, por meio da espécie *Oreochromis niloticus*, conhecida popularmente como tilápia-do-Nilo (Rodrigues *et al.*, 2013).

A tilápia-do-Nilo apresenta coloração acinzentada, corpo lateralmente comprimido e linha lateral dividida em dois segmentos, possui preferência por fitoplâncton, mas adapta-se facilmente a rações comerciais e artesanais, incluindo aquelas formuladas a partir de subprodutos agropecuários (Rodrigues *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2007)

Do ponto de vista reprodutivo, possui características que favorecem a produção em larga escala. Atinge a maturidade sexual precocemente, permitindo ciclos reprodutivos rápidos. Entretanto, essa alta taxa reprodutiva pode resultar em superpopulação nos tanques, afetando negativamente o desempenho zootécnico. Para contornar esse problema, é comum a aplicação de técnicas de reversão sexual, obtendo-se lotes monosexuais, geralmente compostos por machos, que apresentam crescimento mais rápido e melhor conversão alimentar, além de direcionar melhor os nutrientes ingeridos para o crescimento, já que as fêmeas destinam parte dos recursos à produção de gametas. Essa técnica contribui para prevenir a reprodução indesejada em cativeiros e reduzir o risco de introdução de espécies exóticas em reservatórios e corpos d'água naturais (Furuya, 2010; Rodrigues *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2007).

Do ponto de vista econômico e mercadológico, a carne branca, de sabor suave, baixa quantidade de gordura e poucas espinhas, é altamente apreciada pelos consumidores (Peixe BR, 2025). Além disso, a espécie apresenta uma conversão alimentar eficiente, com taxas que variam entre 1,2:1 e 1,8:1, dependendo do sistema de cultivo e da qualidade da ração utilizada (Oliveira *et al.*, 2007; Winckler *et al.*, 2024), podendo atingir um peso de abate entre 600 g e

1,2 kg em poucos meses, tornando a tilapicultura uma atividade de elevado potencial de retorno econômico (Bozano e Cyrino, 2020). Tais características favoreceram o desenvolvimento da tilapicultura, pois atraíram a atenção dos produtores e impulsionaram o comércio.

3. Panorama da tilapicultura no Brasil e no mundo

Nas últimas décadas, a aquicultura consolidou-se como o setor de produção animal de maior crescimento, superando as taxas de expansão observadas nas cadeias tradicionais de proteína, como frango, suínos e bovinos. Segundo a FAO (2024), a produção aquícola mundial atingiu 94,4 milhões de toneladas em 2022, ultrapassando, pela primeira vez, a pesca extrativista, que somou 92,3 milhões de toneladas no mesmo período. Com isso, a aquicultura passou a responder por mais da metade (51%) do pescado consumido globalmente, o que reforça sua importância para a segurança alimentar mundial.

Essa tendência reflete não apenas a capacidade da aquicultura de atender a crescente demanda global por proteína, mas também a pressão por sistemas produtivos mais eficientes e sustentáveis. A tilapicultura, em particular, destaca-se nesse contexto, pois representa a segunda espécie mais produzida no mundo (FAO, 2024), o que foi motivado pelo seu rápido crescimento e ampla adaptabilidade a distintos ambientes e dietas (Yang *et al.*, 2025)

A Ásia atualmente concentra mais de 70% da produção mundial, sendo a China o maior produtor global, seguida por países como Indonésia, Egito, Filipinas e Tailândia. De acordo com a FAO (2024), a produção mundial de tilápias ultrapassou 7 milhões de toneladas, representando uma das principais fontes de proteína animal. O cenário global indica a consolidação da tilápia como uma *commodity* aquícola, com crescente demanda por produtos processados, frescos e/ou com maior valor agregado.

O Brasil se destaca como o maior produtor da espécie fora do continente asiático, com volume aproximado de 662,230 mil toneladas, representando mais de 68% da produção aquícola nacional (Peixe BR, 2025). Os principais estados produtores são Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Bahia, que concentram os maiores polos de produção, principalmente em sistemas de

tanques-rede. Esses valores ficam explícitos no consumo de carne de peixe que teve um aumento significativo. De acordo com a FAO (2024), a demanda por pescado aumenta cerca de 1,5% ao ano, de modo que, atualmente, aproximadamente 17% da proteína animal consumida pela população mundial é proveniente de peixes.

4. Tendências de consumo e impacto na produção de tilápias

Conforme o relatório da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2024), a expansão populacional, o crescimento da renda e a concentração da população nas cidades, continuará promovendo elevação na demanda por alimentos nas próximas décadas, elevando a participação das proteínas para consumo humano e evidenciando a necessidade do aumento na produção de proteína animal.

Nesse sentido é esperado até 2030 crescimento de 37% no consumo, evidenciando a importância desse setor na geração de alimentos (FAO, 2018, 2020). Com este aumento expressivo do consumo, a pesca extrativista não será capaz de atender a demanda de forma sustentável, sendo assim, a aquicultura representa o caminho para disponibilizar ao mercado produtos de qualidade, com homogeneidade e oferta regular (FAO, 2020).

Atualmente, a criação de tilápia do Nilo tem despertado o interesse e a atenção de pesquisadores da área aquícola no sentido de desenvolver trabalhos que contribuam para o aprimoramento e a fixação dessa exploração como fonte rentável na produção animal. Sua produção quadruplicou na última década devido à facilidade de aquicultura, comercialização e preços de mercado estáveis (FAO, 2024).

5. Nutrição e inovação no cultivo intensivo de tilápias

Com a intensificação da produção, torna-se necessário a adoção de práticas adequadas de manejo alimentar, aliadas ao monitoramento constante da qualidade da água e a oferta de dietas balanceadas, contendo todos os nutrientes essenciais, de modo a atender às exigências proteicas, energéticas e de aminoácidos, garantindo crescimento eficiente, boa conversão alimentar e

qualidade do produto final. A integração desses fatores atua de forma sinérgica no desenvolvimento adequado dos animais, promovendo seu bem-estar e favorecendo sistemas produtivos *eco-friendly*.

Nas fases iniciais de desenvolvimento, as tilápias apresentam exigências proteicas elevadas, que diminuem gradativamente à medida que se desenvolvem e atingem o tamanho comercial desejado. A demanda por proteína bruta ideal varia entre 28% e 35%, dependendo do estágio de crescimento e do objetivo produtivo (Francis *et al.*, 2020). Aminoácidos essenciais, como lisina, metionina + cistina, treonina e triptofano, são determinantes para a taxa de crescimento, eficiência proteica e desempenho reprodutivo (Furuya; Cruz; Gatlin, 2023).

A utilização de fontes alternativas de proteína, associada à aplicação de tecnologias que reduzem fatores antinutricionais e aumentam a disponibilidade de nutrientes, para a substituição total ou parcial das tradicionais fontes proteicas, como farinha de peixe e farelo de soja, torna-se uma estratégia promissora, diante da necessidade de ampliar o leque de opções de fontes proteicas viáveis.

Devido a intensificação da produção, os peixes estão expostos a maiores níveis de estresse, o que pode comprometer as respostas imunológicas dos animais, tornando-os mais suscetíveis a doenças oportunistas (Figueiredo e Leal, 2008). Diante das restrições ao uso de antibióticos em sistemas aquícolas, cresce a necessidade de alternativas eficazes e ambientalmente seguras, o que tem impulsionado pesquisas voltadas à utilização de ingredientes bioativos na nutrição de peixes.

Compostos bioativos são substâncias presentes em pequenas quantidades em plantas e alimentos, como frutas, vegetais, nozes, óleos e grãos integrais, capazes de atuar como antioxidantes, antimicrobianos e moduladores da microbiota intestinal e do sistema imunológico, influenciando processos metabólicos e a saúde (Leyva-López *et al.*, 2020). Dessa forma, a nutrição de tilápias em sistemas intensivos demanda não apenas o equilíbrio entre proteína, energia e aminoácidos essenciais, mas também a incorporação de estratégias inovadoras, como o uso de ingredientes alternativos e bioativos, que favoreçam o desempenho zootécnico, a saúde dos animais e a sustentabilidade do cultivo.

5.1. Fontes proteicas e seu uso na nutrição de peixes

Quando se trata da nutrição de peixes, é imprescindível destacar que as exigências proteicas variam de acordo com o hábito alimentar da espécie produzida, sendo consideradas elevadas para espécies atualmente mais produzidas, com níveis de inclusão acima de 28%. Esse fato, acaba aumentando a dependência pelo uso de fontes proteicas de origem animal, que representa mais de 50% do custo da alimentação (Lazzari e Baldisserotto, 2018; Santos *et al.*, 2019;).

Para uso na produção de rações para peixes, a fração proteica pode vir tanto de fontes animais como vegetais. As fontes proteicas de origem animal mais comumente utilizadas são as farinhas de peixe e de carnes (Moro e Rodrigues, 2015). Já para as de origem vegetal, as mais utilizadas são os farelos e concentrados proteicos de soja, farelo de canola e farelo de algodão.

5.2. Fontes alternativas de proteína

A dependência exacerbada por uma única fonte proteica, coloca em risco a estabilidade produtiva, caso algum evento inesperado afete esta cultura. Dessa forma, ter outras opções de ingredientes proteicos se torna imprescindível. Preferencialmente, as alternativas devem garantir oferta de mercado, baixa variabilidade em seu perfil nutricional e pouca flutuação de preços ao longo do ano.

Aliado a estes pontos, as fontes vegetais são preferidas, pois possibilitam formulações de rações “verdes”, fato que tem assumido importância considerável na escolha de produtos pelo mercado consumidor nos últimos anos (Tansaz *et al.*, 2018). Contudo, devemos lembrar que a maior parte das fontes proteicas vegetais produzidas atualmente tem fatores antinutricionais associados, o que limita sua utilização.

Nesta realidade, deve-se considerar a utilização de estratégias tecnológicas para concentração da fração proteica, otimizando a qualidade nutricional destas fontes (Fries *et al.*, 2011; Pianesso, 2018). Os processos para concentração proteica vegetal baseiam-se na aplicação de tratamentos físicos, térmicos, químicos e enzimáticos, que podem ser usados de forma individual ou

combinada, visando maior eficiência quali-quantitativa na obtenção do produto final. Além disso, com adequado direcionamento tecnológico, muitos coprodutos, resíduos e subprodutos das indústrias de alimentos tornam-se potenciais matérias primas para a concentração de proteínas, o que traz impactos positivos para redução de desperdício, mitigação de impactos ambientais e fortalecimento de cadeias produtivas.

Como foi investido em tecnologias para fazer o concentrado de soja, podia-se também ser investido em pesquisas e uso de tecnologias para outras fontes vegetais não concorrentes com cadeias da nutrição animal que a soja compete, além de retirar residuais que ficam sem destino, podendo ter um uso na nutrição não poluindo o meio ambiente (Coelho, 2018). Outro aspecto relevante refere-se ao desenvolvimento de tecnologias que viabilizem a utilização de aditivos na nutrição de peixes, especialmente aqueles obtidos a partir de coprodutos da indústria. Essa abordagem favorece o aproveitamento integral da matéria-prima e possibilita a reinserção de produtos de valor agregado no mercado.

5.3. Papel dos aditivos bioativos

Um dos fatores que têm impulsionado o avanço da tilapicultura é o uso crescente de aditivos bioativos na alimentação dos peixes. Esses aditivos compreendem substâncias naturais ou sintéticas que, adicionadas em pequenas quantidades às dietas, exercem efeitos benéficos sobre a saúde, o desempenho zootécnico e a eficiência produtiva dos animais.

Entre as principais classes de aditivos bioativos estão os compostos fenólicos, como flavonoides e taninos, de reconhecida ação antioxidante e antimicrobiana (Albuquerque *et al.*, 2021), os polissacarídeos não amiláceos solúveis, como β -glucanas, pectinas e gomas vegetais, com efeito imunomodulador e prebiótico (Adorian *et al.*, 2015, 2019, 2021; Goulart *et al.*, 2015, 2017, 2018), os óleos essenciais, com efeito antibacterianos e imunoestimulatórios (Juarez *et al.*, 2023) e extratos vegetais (El-Sayed *et al.*, 2024), além de probióticos, prebióticos e simbióticos (Mugwanya *et al.*, 2022).

A aplicação desses compostos na nutrição de peixes tem mostrado resultados positivos em parâmetros como taxa de crescimento e eficiência alimentar (Rohani *et al.*, 2022), mucosa intestinal (Adorian *et al.* 2016, 2020), imunidade e indicadores de estresse oxidativo (Rezende *et al.*, 2021) e a sustentabilidade, pois a utilização de subprodutos agroindustriais como fontes de compostos bioativos, como por exemplo, o bagaço de oliva, o farelo de uva, a linhaça e cascas de frutas cítricas, não apenas agrega valor a resíduos agrícolas, reduzindo custos de produção e impactos ambientais (López *et al.*, 2020).

O avanço das pesquisas sobre nutrição funcional e a aplicação prática desses aditivos em larga escala têm sido determinantes para a expansão sustentável da piscicultura, permitindo reduzir os impactos ambientais da produção e atender às exigências de um mercado consumidor cada vez mais atento à qualidade e à segurança alimentar. Os aditivos bioativos deixaram de ser apenas um recurso complementar e passaram a ocupar um lugar estratégico nas formulações nutricionais, contribuindo diretamente para o aumento da produtividade, redução de custos com tratamentos veterinários e melhoria da rentabilidade dos sistemas aquícolas.

6. Considerações finais

Diante do exposto, destaca-se a importância da tilápia-do-Nilo na produção aquícola. No entanto, para dar continuidade a esse crescimento, se faz necessário ampliar os estudos voltados à identificação de potenciais fontes proteicas que possam substituir os ingredientes convencionais, visando uma produção mais *eco-friendly*. Além disso, é necessário o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias que otimizem o aproveitamento dos ingredientes nas dietas, favorecendo a eficiência nutricional e o desempenho zootécnico dos peixes.

7. Referências bibliográficas

ADORIAN, Taida *et al.* Effect of different dietary fiber concentrates on the metabolism and indirect immune response in silver catfish. **Animal Feed**

- Science and Technology**, v. 215, p. 124–132, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.001>.
- ADORIAN, Taida *et al.* Evaluation of immune response and performance of silver catfish fed functional linseed fibres in response to hypoxia stress. **Aquaculture Research**, v. 50, n. 10, p. 3060–3069, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.14266>.
- ADORIAN, Taida *et al.* Functional linseed fibres and their impacts on silver catfish (*Rhamdia quelen*) nutrition. **Aquaculture Nutrition**, v. 26, n. 5, p. 1647–1656, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.13110>.
- ADORIAN, Taida *et al.* Dietary fiber in the nutrition of silver catfish: Prebiotic or antinutrient? **Animal Feed Science and Technology**, v. 209, p. 167–173, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.07.017>.
- ADORIAN, Taida *et al.* Fractionation of linseed and obtaining ingredients rich in protein and fibers: alternatives for animal feed. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, p. 1514–1521, 2021. <https://doi.org/10.1002/jsfa.11486>.
- ALBUQUERQUE, Bianca. *et al.* Phenolic compounds: current industrial applications, limitations and future challenges. **Food Function**, v. 7, p. 14–29, 2021. <https://doi.org/10.1039/D0fo02324h>.
- BOZANO, Gustavo; CYRINO, José. Peso ótimo de abate de peixes em função do mercado, custos, rendimentos de produção e do processamento: o caso da tilápia. **Revista Estratégias e Soluções**, v. 2, 2021. <https://doi.org/10.22167/2675-6528-20210006>.
- CANTILLO, Javier; DESHPANDE, Paritosh. Carbon footprint of alternative protein sources for Atlantic salmon (*Salmo salar*) aquaculture: A two-step systematic literature review. **Aquaculture Reports**, v. 40, p. 1–26, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102601>.
- COÊLHO, Jackson Dantas. Produção de grãos: feijão, milho e soja. Caderno Setorial ETENE. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n.51, nov. 2018. <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/3016> (acessado 04 outubro 2025).
- EL-SAYED, Abdel-Fattah *et al.* Dietary Effect of a Plant-Based Mixture (Phyto AquaMeric) on Growth Performance, Biochemical Analysis, Intestinal Histology, Gene Expression and Environmental Parameters of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Fishes**, v. 9, p. 358, 2024. <https://doi.org/10.3390/fishes9090358>.
- FANTATTO, Rafaela *et al.* Exploring sustainable alternatives in aquaculture feeding: The role of insects. **Aquaculture Reports**, v. 37, p. 1–13, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102228>.
- FAO - Food And Agriculture Organization Of United Nations. O Estado da Pesca e Aquicultura Mundial 2018: Meeting the sustainable development goals.

- Rome**, 2018. <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>. (acessado 15 setembro 2025).
- FAO - Food And Agriculture Organization Of United Nations. O estado da Pesca e Aquicultura Mundial em 2020: Sustainability in Action. **Roma**, 2020. <http://www.fao.org/3/ca9229en/CA9229EN.pdf> (acessado 15 setembro 2025).
- FAO. 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Informe da FAO: Tilapia**. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/7e605894-bca8-42fa-abbc-d7d5890cff9b/> (acessado 14 setembro 2025).
- FIGUEIREDO, Henrique; LEAL, Carlos. Technologies applied to fish health. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 37, p. 8-14, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300002>.
- FRANCIS, G. *et al.* Nutritional requirements and feed formulation for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 2, p. 567–582, 2020. <https://www.scielo.br/j/cta/a/7C8QH9brkD8P38nq4JCrKVp/?lang=en&format=pdf> (acessado 23 setembro 2025).
- FRIES, Edionei *et al.* Hidrolisados cárneos proteicos em rações para alevinos de kinguio (*Carassius auratus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 4, p. 401-407, 2011. <https://institutodepesca.org/index.php/bip/article/download/936/917/3299> (acessado 28 agosto 2025).
- FURUYA, W. M. *et al.* Tabelas brasileiras para a nutrição de tilápias. Toledo, PR: GFM Gráfica e Editora Ltda., 2010. 100 p. ISBN 978-85-60308-14-9. https://www2.uepg.br/bacharelado-zootecnia/wp-content/uploads/sites/98/2021/04/Tabelas_Brasileiras_Tilapias.pdf (acessado 25 agosto 2025).
- FURUYA, Wilson *et al.* Amino acid requirements for Nile tilapia: an update. **Animals**, v. 13, n. 5, p. 900, 2023. <https://doi.org/10.3390/ani13050900>.
- GANDOLPHO, Bianca *et al.* Supplementing the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with trub, a brewing byproduct, enhanced growth performance, increased fillet protein content, improved immunological response, and lowered intestinal pH. **Animal Feed Science and Technology**, v. 327, p. 1-11, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2025.116444>.
- GOULART, Fernanda *et al.* Effect of dietary fiber concentrates on growth performance, gut morphology and hepatic metabolic intermediates in jundiá (*Rhamdia quelen*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 05, p. 1633-1640, 2018. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10218>.
- GOULART, Fernanda. Effects of Dietary Fibre Concentrates on growth performance and digestive enzyme activities of jundiá (*Rhamdia quelen*).

- Aquaculture Nutrition**, v. 23, p. 358-366, 2015. <https://doi.org/10.1111/anu.12400>.
- GOULART, Fernanda *et al.* Effect of supplementation of dietary fibre concentrates on biochemical parameters, stress response, immune response and skin mucus of jundiá (*Rhamdia quelen*). **Aquaculture Nutrition**, v. 24, p. 375-382, 2017. <https://doi.org/10.1111/anu.12568>.
- JUAREZ, Jesús *et al.* Microencapsulated essential oils influence the growth and foregut histomorphometry of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Veterinary and Animal Science**, v. 22, p. 100-316. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2023.100316>.
- LAZZARI, Rafael; BALDISSEROTTO, Bernardo. Excreção de nitrogênio e fósforo em pisciculturas. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 591-600, 2018. <https://www.researchgate.net/publication/284425485> (acessado 17 setembro 2025).
- LÓPEZ, Nayely *et al.* Exploitation of Agro-Industrial Waste as Potential Source of Bioactive Compounds for **Aquaculture**. **Foods**, v. 9, p. 1-22. <https://doi.org/10.3390/foods9070843>.
- MORO, Giovanni; RODRIGUES, Ana Paula. Rações para organismos aquáticos: tipos e formas de processamento. **Embrapa Pesca e Aquicultura- Documentos** (INFOTECA-E), 1 ed. 2015. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125393/1/SD14.pdf> (acessado 09 setembro 2025).
- MUGWANYA, Muziri *et al.* Updating the Role of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics for Tilapia Aquaculture as Leading Candidates for Food Sustainability: a Review. **Probiotics & Antimicro. Prot.**, v. 14, p. 130–157. 2022. <https://doi.org/10.1007/s12602-021-09852-x>.
- MUSA, Safira *et al.* The Influence of Various Feeding and Pond Fertilization Strategies on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Production and the Selectivity for Natural versus Supplementary Diet in Semi-Intensive Aquaculture Systems. **Aquaculture, Fish and Fisheries**, v. 5, p. 1-16, 2025. <https://doi.org/10.1002/aff2.70031>.
- OLIVEIRA, Elenise *et al.* Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. **Embrapa. Circular Técnica**, n. 45. 2007. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/69806/1/Circular45.pdf> (acessado 10 setembro 2025).
- PEIXE BR – Associação Brasileira Da Piscicultura. Anuário Peixe BR da Piscicultura 2025. São Paulo: Peixe BR, 2025. <https://m.efeedlink.com/contents/04-07-2025/1572850b-593f-471e-97ed-f6a8de713ed6-1201.html> (acessado 15 setembro. 2025).
- PIANESSO, Dirleise. Obtenção do concentrado proteico de linhaça e sua aplicação na nutrição do jundiá. 2018. 122 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)

- Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2018. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15646> (acessado 19 set. 2025).
- REZENDE, Renata *et al.* Phytobiotics blend as a dietary supplement for Nile tilapia health improvement. **Fish Shellfish Immunol**, v. 114, p. 293-300. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.05.010>.
- RODRIGUES, Ana Paula *et al.* Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos. Brasília, DF: Embrapa, p. 440, 2013. ISBN 978-85-7035-272-9. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1082280> (acessado 18 setembro 2025).
- ROHANI, Md Fazle. *et al.* Probiotics, prebiotics and synbiotics improved the functionality of aquafeed: Upgrading growth, reproduction, immunity and disease resistance in fish. **Fish Shellfish Immunol**, v. 120, p. 569-589, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.12.037>.
- ROSSIGNOLI, Cristiano *et al.* Tilapia aquaculture systems in Egypt: Characteristics, sustainability outcomes and entry points for sustainable/aquatic food systems. **Aquaculture**, v. 577, p. 1-15, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739952>.
- TANSAZ, Samira *et al.* Soy protein isolate/bioactive glass composite membranes: Processing and properties. **European Polymer Journal**, v. 106, p. 232-241, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.07.003>.
- WANG, Miao; LU, Maixin. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture Research**, v. 47, p. 2363-2374, 2016. <https://doi.org/10.1111/are.12708>.
- WINCKLER, Lilian *et al.* Recria de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de recirculação de água em propriedade familiar na região subtropical. Embrapa Clima Temperado. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, n. 378. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2024. 10 p. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1169178/1/Boletim-378-Recria-de-tilapias-Oreochromis-niloticus-em-sistemas-de-recirculacao-de-agua-em-propriedade-familiar.pdf> (acessado 15 setembro 2025).
- YANG, Hang *et al.* AI-driven aquaculture: A review of technological innovations and their sustainable impacts. **Artificial Intelligence in Agriculture**, v. 15, p. 508-525, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.aiia.2025.01.012>.

Autores

Gregorio Cargnin, Stéfane Sauzem Silva, Maurício Antônio Paz Martins, Diuly Bortoluzzi Falcone, Leila Picolli da Silva

Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.