

Combinação de fertilizante ovino e probiótico melhoram desempenho zootécnico de tilápia do Nilo

Combination of sheep fertilizer and probiotic improves zootechnical performance of Nile tilapia

Combinación de fertilizante ovino y probiótico mejoran el rendimiento zootécnico de tilapia del Nilo

Recebido: 10/05/2025 | Revisado: 26/05/2025 | Aceitado: 27/05/2025 | Publicado: 30/05/2025

Gabriela Bom Ribeiro¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8267-3376>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: gabriella-bom@hotmail.com

Rita de Cassia Gonçalves Marques²

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8757-6368>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: rita28140@gmail.com

Daniele Menezes Albuquerque³

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6952-9901>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: danielealbuquerque@ufgd.edu.br

Resumo

A tilápia do Nilo enfrenta desafios com os altos custos e impactos ambientais, incluindo eutrofização e resistência microbiana devido ao uso excessivo de químicos. Alternativas sustentáveis, como probióticos e fertilizantes orgânicos, ainda carecem de estudos integrados. Este trabalho avaliou se os efeitos combinados do probiótico DB AQUA® com fertilizantes orgânicos (bovino, suíno e ovino) afetam o desempenho zootécnico e saúde de alevinos. Foram testados 640 peixes em sistema de recirculação, distribuídos em quatro tratamentos, tais como fertilizante isolado (controle) ou probiótico combinado com fertilizante bovino, suíno ou ovino. Parâmetros zootécnicos e índices hepatossomático (IHS) e vicerossomático (IVS) foram analisados. O fertilizante ovino destacou-se, reduzindo a conversão alimentar em 60% e aumentando o ganho de biomassa em 170,5 g, além de elevar o IHS, indicando maior atividade metabólica e promover intestinos 56% mais longos, sugerindo melhor absorção de nutrientes. A sobrevivência não diferiu entre tratamentos, possivelmente devido a fatores ambientais. O fertilizante bovino e suíno tiveram efeitos limitados, com o suíno apresentando riscos de liberação acelerada de amônia e contaminação por patógenos. Em suma a combinação do probiótico DB AQUA® com fertilizante ovino melhorou significativamente o desempenho zootécnico, mas sua eficácia depende da qualidade da água e manejo. Recomendam-se novos estudos para elucidar os mecanismos microbianos e viabilidade econômica em larga escala.

Palavras-chave: Aditivos; Sistemas de recirculação; Tilapicultura.

Abstract

Nile tilapia faces challenges due to high costs and environmental impacts, including eutrophication and microbial resistance caused by excessive chemical use. Sustainable alternatives, such as probiotics and organic fertilisers, still lack comprehensive studies. This study evaluated the combined effects of the probiotic DB AQUA® with organic fertilisers (bovine, swine, and sheep) on the zootechnical performance and health of fingerlings. A total of 640 fish were tested in a recirculation system, divided into four treatments: isolated fertiliser (control) or probiotic combined with bovine, swine, or sheep fertiliser. Zootechnical parameters, hepatosomatic (HSI) and viscerosomatic (VSI) indices were analysed. The sheep fertiliser performed notably, reducing feed conversion by 60% and increasing biomass gain by 170.5 g, while also elevating HSI—indicating higher metabolic activity—and promoting 56% longer intestines, suggesting improved nutrient absorption. Survival rates did not differ between treatments, likely due to environmental factors. Bovine and swine fertilisers had limited effects, with swine presenting risks of accelerated ammonia release and pathogen contamination. In summary, the combination of DB AQUA® probiotic with sheep fertiliser significantly enhanced zootechnical performance, though its efficacy depends on water quality and

¹ Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados-MS, Brasil.

² Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados-MS, Brasil. Autor Correspondente: rita28140@gmail.com

³ Curso de Engenharia de Agricultura, Universidade Federal da Grande Dourados, 79804-970, Dourados-MS, Brasil.

management. Further studies are recommended to elucidate microbial mechanisms and economic viability on a large scale.

Keywords: Additives; Recirculation systems; Tilapia farming.

Resumen

La tilapia del Nilo enfrenta desafíos debido a los altos costos e impactos ambientales, incluyendo eutrofización y resistencia microbiana por el uso excesivo de químicos. Alternativas sostenibles, como probióticos y fertilizantes orgánicos, aún carecen de estudios integrales. Este trabajo evaluó los efectos combinados del probiótico DB AQUA® con fertilizantes orgánicos (bovino, porcino y ovino) sobre el rendimiento zootécnico y la salud de alevines. Se analizaron 640 peces en un sistema de recirculación, distribuidos en cuatro tratamientos: fertilizante aislado (control) o probiótico combinado con fertilizante bovino, porcino u ovino. Se midieron parámetros zootécnicos y los índices hepatosomático (IHS) y viscerosomático (IVS). El fertilizante ovino destacó, reduciendo la conversión alimenticia en un 60% e incrementando la ganancia de biomasa en 170,5 g, además de elevar el IHS (indicando mayor actividad metabólica) y promover intestinos 56% más largos, lo que sugiere mejor absorción de nutrientes. La supervivencia no varió entre tratamientos, posiblemente por factores ambientales. Los fertilizantes bovino y porcino tuvieron efectos limitados, siendo que el porcino mostró riesgos de liberación acelerada de amoníaco y contaminación por patógenos. En conclusión, la combinación del probiótico DB AQUA® con fertilizante ovino mejoró significativamente el rendimiento zootécnico, aunque su eficacia depende de la calidad del agua y el manejo. Se recomiendan más estudios para elucidar los mecanismos microbianos y la viabilidad económica a gran escala.

Palabras clave: Aditivos; Sistemas de recirculación; Tilapicultura.

1. Introdução

A tilápia do Nilo destaca-se como espécie-chave na aquicultura mundial devido às suas características zootécnicas versáteis e relevância comercial. Segundo a FAO (2024), apenas em 2024 foram produzidas 6,95 milhões de toneladas da espécie, resultado direto de sua adaptabilidade a diversos sistemas de cultivo, eficiência alimentar e boa aceitação comercial (D'Abramo, 2025; Rodrigues et al., 2017). No cenário brasileiro, esse crescimento é ainda mais significativo, pois dados de PeixeBr (2025) revelam que a produção nacional saltou de 285 mil para mais de 662 mil toneladas entre 2015 e 2024, um aumento superior a 130%.

Embora não lidere a produção nacional, o Mato Grosso do Sul apresenta crescimento acelerado na tilapicultura. PeixeBr (2025) documentaram uma produção de 38,4 mil toneladas em 2024 conforme seu boletim. Anteriormente, Estado era referência no cultivo de peixes nativos, mas atualmente perdeu espaço para a tilapicultura impulsionada principalmente nas regiões de Selvíria e Aparecida do Taboado impulsionados pelo cultivo de peixes em tanques redes e, Itaporã, e Dourados com sistemas de produção tradicionais em viveiros escavados.

Contudo, esse setor apresenta desafios frente a perda de habitat, eutrofização, mudanças climáticas, florações algas nocivas (HABs), busca pela sustentabilidade e o desequilíbrio de igualdade e inclusão (Ghori et al., 2022; Mustafa et al., 2024), fatores estes enfrentada principalmente pelos produtores da agricultura familiar que ainda encontram dificuldades para acompanhar o crescimento do setor, devido ao alto custo das tecnologias e limitações operacionais.

Além das dificuldades enfrentadas pelos produtores, a expansão da aquicultura precisa superar importantes desafios ambientais e sanitários para atender à crescente demanda por nutrientes, como ômega-3, vitaminas, minerais, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e à abordagem One Health (Ghori et al., 2022; Tom et al., 2021), uma vez que organizações regulatórias como a ASC (Aquaculture Stewardship Council) e BAP (Best Aquaculture Practices) vêm exigindo a adoção de protocolos mais sustentáveis, com especial ênfase na redução de antibióticos (Bondad-Reantaso et al., 2023; Farías et al., 2024), prática essencial para evitar resistência antimicrobiana, ODS 3 Saúde e Bem Estar, e proteger ecossistemas aquáticos, ODS 14 Vida na Água (Ghori et al., 2022). Com isso, os produtores enfrentam pressão dos mercados e de agências governamentais, estas implementam normas cada vez mais rigorosas sobre o uso de resíduos químicos (Maniraj, 2024), pressionando-os a reinventar seus sistemas produtivos (Wolff Ferreira et al., 2019).

Estudos recentes de Bondad-Reantaso et al. (2023) e Tom et al. (2021) apontam que é possível reduzir os custos da

aquicultura adotando métodos mais sustentáveis, tornando-os mais inclusivos para os produtores familiares, como a substituição de práticas convencionais que geram impactos negativos, como contaminação da água por metais pesados, uso excessivo de antibióticos, agravando a resistência microbiana e aplicação de pesticidas nas áreas vizinhas e, consequentemente leva ao estresse oxidativo e bioacumulação em espécies aquáticas (Mustafa et al., 2024). Como alternativa, é a integração de sistemas fechados, como RAS, BFT e BioRAS, que promovem bactérias benéficas, reduzem a dependência de antibióticos e fortalecem o sistema imunológico dos peixes por meio de probióticos (Bondad-Reantaso et al., 2023; Zimmermann et al., 2023). Soluções estas alinhadas aos ODS e ao conceito One Health.

Como parte das práticas sustentáveis, os probióticos utilizados na aquicultura podem ter origens e formas de produção bastante distintas. Alguns são classificados como naturais e/ou orgânicos, que são extraídos de fontes animais, como os lactobacilos extraídos de esterco bovino ou leveduras como *Saccharomyces cerevisiae* (El-Naby et al., 2024). Outros são desenvolvidos industrialmente, com formulações comerciais que incluem cepas específicas, como as do gênero *Bacillus*, já selecionadas e combinadas com nutrientes complementares (Xia et al., 2020). Em geral, os probióticos naturais são mais acessíveis economicamente, mas apresentam variações na eficácia e certos riscos sanitários, como no caso de micobacteriose associados ao uso de esterco suíno como fonte (Barlaya et al., 2021). Os probióticos comerciais, caso do DB AQUA®, representam um investimento mais alto, mas garantem padronização na composição e resultados mais consistentes, conforme demonstrado por Ogello et al. (2019).

O uso de fertilizantes orgânicos, como esterco bovino, cama de aviário ou vermicomposto, estimula a produção de plâncton e reduz custos com ração (Brito et al., 2019), no entanto, John et al. (2025) alertam que o manejo inadequado pode elevar os níveis de amônia e introduzir patógenos, afetando a saúde dos peixes. Já os fertilizantes sintéticos (NPK), embora ofereçam dosagem precisa e menor contaminação microbiológica (Prakash Raman, 2023), apresentam riscos de eutrofização e favorecem menos o desenvolvimento de microbiota benéfica, diferentemente dos orgânicos.

Estudos anteriores (Barlaya et al., 2021; Naiel et al., 2022) tendem a avaliar esses insumos de maneira fragmentada, com ênfase excessiva em probióticos sintéticos ou parâmetros físicos e químicos da água, negligenciando os impactos específicos sobre a espécie-alvo. Jossefa et al. (2023) e Prakash Raman (2023) alertam que essa visão fragmentada deixa lacunas importantes no entendimento do problema, exigindo estudos mais abrangentes que integrem múltiplos parâmetros.

Diante disso, propõe-se a combinação do probiótico DB AQUA® com fertilizantes orgânicos, com o objetivo de avaliar se os benefícios nutricionais dos fertilizantes aos efeitos benéficos dos microrganismos na saúde dos peixes e na qualidade da água afetam o desempenho produtivo com ênfase na taxa de sobrevivência de alevinos de tilápia do Nilo. Nosso enfoque comparativo visa estabelecer protocolos que minimizem o uso de insumos convencionais, enquanto mantém os índices produtivos e parâmetros hídricos adequados em sistemas de recirculação.

2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa experimental, laboratorial e, de natureza quantitativa (Gil, 2017; Pereira et al., 2018) com uso de análise estatística (Bekman & Neto, 2009; Shitsuka et al., 2014; Vieira, 2021).

2.1 Local e Delineamento Experimental

O trabalho foi desenvolvido entre abril e junho de 2019 no Laboratório de Aquicultura da UFGD, Dourados – MS 22°11'50.76"S, 54°56'4.73"W. Utilizamos 640 machos de tilápia do Nilo, distribuídos em 16 unidades experimentais compostas por caixas de polietileno com capacidade de 48 litros cada, seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, mantendo-se uma densidade de 25 peixes por caixa.

O sistema de recirculação contou com um filtro biológico montado em uma bombona de 200 litros. Nesse sistema, a

água passava inicialmente por uma manta acrílica, responsável pela retenção de partículas sólidas em suspensão. Posteriormente, a água era direcionada para um leito de cascas de ostras, que funcionava como substrato para o crescimento de bactérias nitrificantes, essenciais para a conversão de compostos nitrogenados tóxicos. A circulação contínua da água era mantida por uma bomba submersa modelo Ecobrisa, com vazão de 4000 L.h⁻¹ (Figura 1). A manutenção do sistema consiste em sifonagem diária para remoção de dejetos e resíduos alimentares acumulados no fundo das unidades experimentais, procedimento que promove a renovação parcial da água do sistema.

Figura 1 - Sistema de recirculação de água para o cultivo de alevinos de tilápia do Nilo.



Fonte: Arquivo dos Autores (2025).

Os parâmetros físico e químicos da água foram monitorados diariamente durante todo o experimento. Dedicamos atenção especial ao oxigênio dissolvido, cujos níveis apresentaram variações naturais em resposta a fatores como temperatura e concentração de amônia total.

2.2 Fertilizantes e alimentação

Antes do início do experimento, os peixes passaram por um período de aclimação de sete dias no próprio sistema de recirculação. Durante essa fase, receberam ração comercial com 32% de proteína bruta, na taxa de alimentação correspondente a 10% de sua biomassa total. Em todos os tratamentos avaliados, foi adicionada uma dose fixa de 5 mg/kg de probiótico, sendo testadas quatro combinações, tais como probiótico sem fertilizante (controle), com fertilizante bovino, suíno ou ovino.

Os fertilizantes bovino, suíno e ovino foram coletados aleatoriamente de lotes homogêneos apenas uma vez no início do experimento. Não foi realizada análise de patógenos, pois o objetivo era desafiar os peixes para avaliar o efeito dos probióticos. Para promover o desafio sanitário, foram dissolvidos 31 g de cada fertilizante em 1000 mL de água. Após a sifonagem diária, foram adicionados 30 mL dessa mistura a cada unidade experimental no período da manhã.

O probiótico liofilizado DB AQUA®, ver Tabela 1, foi aspergido na ração com uma substância agregante. A alimentação manual foi realizada quatro vezes ao dia, exceto nos dias de biometria, em que os peixes foram alimentados *ad libitum* até que estivessem visivelmente saciados.

Tabela 1 - Composição do probiótico DB AQUA[®] fornecido na alimentação de populações monosssexos de tilápias do Nilo.

Composição	Quantidade
<i>Bacillus cereus</i> var. toyoi	4,0x10 ¹¹ UFC
<i>Bacillus subtilis</i>	4,0x10 ¹¹ UFC
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	3,5x10 ¹¹ UFC
<i>Enterococcus faecium</i>	3,5x10 ¹¹ UFC
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3,5x10 ¹¹ UFC
Dextrose	50 g
Mananoligossacarídeo	10 g
Lisina	5.000 mg
Metionina	2.500 mg
Colina	2.000 mg
Vitamina C	10 g
Vitamina E	2500 UI

Fonte: Autoria Própria (2025).

2.3 Biometrias

As biometrias foram analisadas a cada 15 dias, durante esse período, para os registros utilizou-se uma balança semi analítica (0,01 g), e o comprimento mensurado com uma régua graduada em cm (precisão ± 1 mm). Para as análises do desempenho zootécnico calculou-se a conversão alimentar (CA) = consumo de alimento / ganho em peso total, o ganho de biomassa, ganho de peso final, ganho de peso, ganho de peso médio diário = (peso final - peso inicial) / tempo (dias), taxa de crescimento específico e sobrevivência = $100 \times (\text{N}^\circ \text{ inicial de tilápias} - \text{N}^\circ \text{ final de tilápias}) / \text{N}^\circ \text{ inicial de tilápias}$ para dados de desempenho produtivo.

2.4 Análise dos índices corporais

No Laboratório de Aquicultura da UFGD, foram selecionados aleatoriamente 5 peixes por unidade experimental, totalizando 80 alevinos para avaliação dos parâmetros morfofisiológicos. A eutanásia foi realizada conforme a Resolução CONCEA nº 61/2023, utilizando imersão em eugenol seguida de secção da medula espinhal.

Posteriormente, realizou-se uma incisão abdominal para extração das vísceras, com separação do fígado e gordura visceral. Os tecidos foram pesados individualmente em balança semi analítica (0,01 g), e o comprimento mensurado com uma régua graduada em cm (precisão ± 1 mm), para cálculo dos seguintes índices, de acordo com as equações propostas por Vazoller (1996) foi calculado dois índices dos peixes, sendo o hepatossomático) dado pela formula $IHS = (PF)/(PV) \times 100$, onde o peso do fígado (g) é dividido pelo peso de peixes vivos (g), e o índice viscerossomático é dado pela formula $IVS = (PVS)/(PV) \times 100$, que corresponde ao peso da víscera (g) dividido pelo peso vivo dos peixes (g).

2.5 Análise Estatística

Para a análise estatística dos dados, empregou-se um modelo de ANOVA complementado por regressão linear simples. Os dados foram previamente tratados mediante eliminação de outliers e aplicação de transformação logarítmica para normalização da distribuição. Os pressupostos de normalidade, verificados através do teste de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$), e de

homocedasticidade, avaliados pelo teste de Bartlett ($p = 0,12$), foram atendidos, confirmando que os resíduos apresentavam distribuição normal e homogeneidade de variâncias. As comparações múltiplas entre tratamentos foram realizadas utilizando o teste de Tukey ($\alpha = 0,05$), com auxílio dos pacotes emmeans (Lenth, 2025) e multcomp (Hothorn et al., 2008).

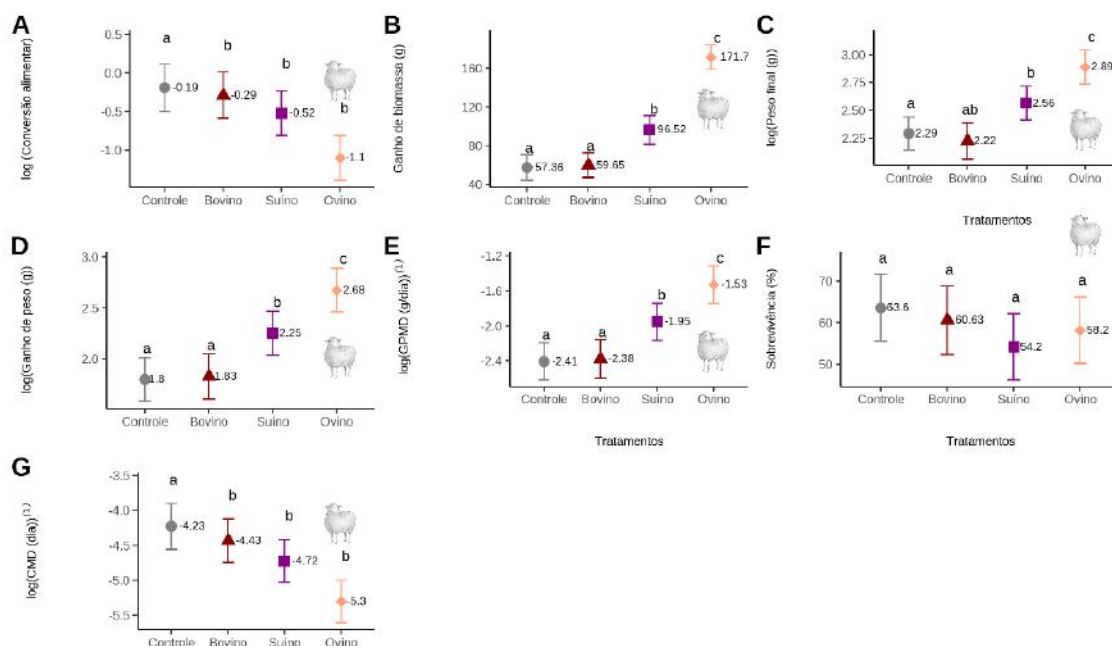
Na avaliação da sobrevivência ao longo do tempo, procedeu-se ao cálculo de médias para cada tratamento em cada período de avaliação. A análise da relação entre peso e comprimento do intestino revelou uma correlação positiva significativa ($r = 0,67$, $p < 0,001$) através do teste de Pearson, indicando uma forte associação linear entre estas variáveis. Todas as análises foram implementadas no ambiente R versão 4.3.3 (R Core Team, 2025), com geração de visualização gráfica através do pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

3. Resultados e Discussão

3.1 Efeito dos tratamentos no desempenho zootécnico

Pode-se verificar que os resultados obtidos no desempenho zootécnico foram influenciados pelo efeito do tratamento ovino destacou-se, reduzindo a conversão alimentar (CV) em 59,6 % ($\beta = -0,906$; $p < 0,001$) em relação ao controle dos peixes analisados, indicando maior eficiência alimentar. Paralelamente, os tratamentos bovino e suíno apesar de terem apresentado reduções de 9,1% e 28,0%, respectivamente, não diferiram do controle ($p > 0,05$). Notou-se que nosso modelo conseguiu explicar apenas 20,7% da variação observada (Figura 2 A), o que nos leva a suspeitar que elementos externos como a qualidade da água ou variações no manejo possam estar exercendo influência complementar sobre esses resultados.

Figura 2 - Resposta do desempenho produtivo de machos de tilápia do Nilo submetidos a diferentes fertilizantes: controle - cinza, bovino - vermelho, suíno - roxo e ovino - laranja. Foram analisados os parâmetros como ingestão média diária (IMD), conversão alimentar, ganho de peso corporal, peso corporal final, ganho de biomassa, ganho de peso médio diário (GPMD) e sobrevivência. Letras sobrescritas (a, b, c) denotam diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Quando comparados com outras estratégias de desempenho zootécnico frente ao uso de aditivos nutricionais, como o uso de Hilyses® (El-Naby et al., 2024), os resultados analisados mostram um padrão distinto, em que o suplemento de levedura, embora tenha impulsionado o peso das tilápias em 186%, mostrou-se ineficaz para melhorar a conversão alimentar. Diferentemente, os resultados obtidos pelo tratamento com fertilizante ovino observações mais equilibradas, com perfis de eficiência semelhantes aos descritos por Mahmoud et al. (2018) em estudos com espirulina a 1% que reduziu a conversão para 0,73 versus 0,60 do controle.

O tratamento ovino promoveu maior ganho de biomassa (GB) em 170,5 g ($\beta = 114,37$; $p < 0,001$), quase dobrando o desempenho do controle 64,7 g, seguido por suíno ($\beta = 39,16$; $p < 0,001$), com o modelo explicando 74,6% da variabilidade (R^2 ajustado = 0,746) (Figura 2B).

Xia et al. (2020) demonstraram que a presença de *Bacillus* spp., comuns em materiais orgânicos podem de fato melhorar a saúde intestinal e, conseqüentemente, o crescimento dos animais. Outro ponto relevante, já mencionado acima pelos outros parâmetros zootécnicos, é a liberação gradual de nutrientes como nitrogênio e minerais como apontado por Ferreira et al. (2015), isso faz com que equilibre os picos de amônia e mantendo a qualidade da água mais estável, o que pode ter influenciado positivamente o fertilizante ovino.

Por outro lado, os fertilizantes suíno e bovino apresentaram resultados menos expressivos. No caso do suíno, a liberação acelerada de amônia parece ser um fator determinante um fenômeno que, segundo Brito et al. (2019), pode induzir estresse metabólico nos peixes, comprometendo seu desenvolvimento. Além disso, há outra preocupação é a possível presença de resíduos de antibióticos ou mesmo patógenos, como observado por Hong et al. (2023) em sistemas que utilizam dejetos suínos sem tratamento adequado. Esses contaminantes, ainda que em baixas concentrações, podem inibir o crescimento dos animais, explicando em parte o desempenho inferior desses tratamentos.

Os tratamentos também influenciaram o peso final ($F_{3, 73} = 15,4$; $p < 0,001$), com o ovino proporcionando maior ganho de peso ($\beta = 0,597$; $p < 0,001$), cerca de 82% superior ao controle, enquanto o suíno também apresentou efeito, mas moderado ($\beta = 0,273$; $p = 0,013$). O bovino, por sua vez, não diferiu do controle ($p = 0,549$), com o modelo explicando 36,2% da variabilidade (Figura 2C).

Curiosamente, no ganho de crescimento diário, o ovino e o suíno reduziram o desempenho em comparação ao controle ($\beta = -1,075$; $p < 0,001$ e $\beta = -0,497$; $p = 0,030$, respectivamente), enquanto o bovino não diferiu ($p = 0,368$) (Figura 2G). Esse resultado parece contraditório, já que o ovino teve o melhor desempenho em ganho de biomassa e peso final ($F_{3, 75} = 14,67$; $p < 0,001$) (Figura 2D; 2E). Uma possível explicação é que o esterco ovino promove um crescimento mais sustentado, mas não necessariamente mais rápido à curto prazo.

Os estudos de El-Naby et al. (2024) e Hajirezaee et al. (2024) indicam uma constatação interessante em que os probióticos como *Saccharomyces cerevisiae* e *Lactobacillus rhamnosus* não só aumentaram a produção de enzimas digestivas como a protease, lipase e amilase como também remodelam o intestino, deixando as vilosidades mais densas e eficientes, evidenciando a expansão de nutrientes. As observações registradas com o ovino sugerem que o fertilizante pode ter replicado esse efeito de forma indireta, em vez de adicionarmos microrganismos prontos, a composição única do fertilizante parece ter criado o berço ideal para uma microbiota benéfica se desenvolver naturalmente.

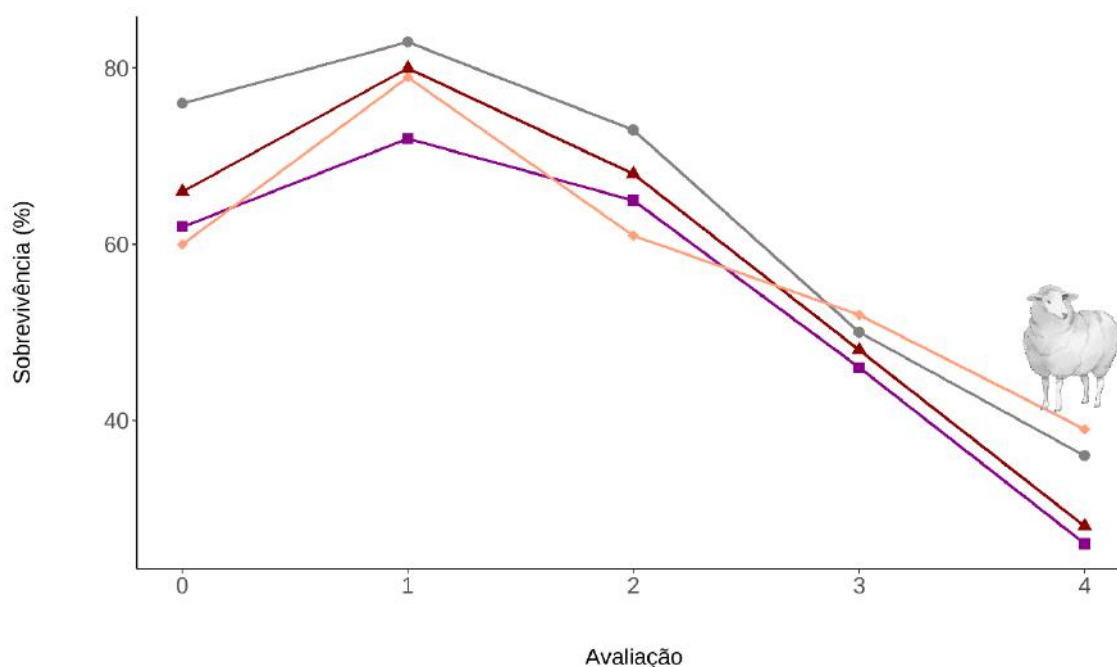
Um outro possível mecanismo para a superioridade do fertilizante ovino é a competição por nutrientes entre peixes e microrganismos, como observado por Padeniya (2025) em sistemas com probióticos. Esse autor relatou que certos probióticos como *Bacillus* aumentam populações de bactérias benéficas, *Yanobacteria*, *Planctomycetes*, melhorando a eficiência digestiva. Em nosso estudo, o fertilizante ovino parece ter apresentado um perfil microbiano mais compatível com o probiótico utilizado DB AQUA®, criando uma sinergia que não foi observada com os esterco bovino e suíno. Essa especificidade na interação hospedeiro-microbiota pode explicar por que apenas o ovino manteve efeitos positivos consistentes em todos os parâmetros

avaliados (Padeniya, 2025).

A sobrevivência não foi afetada pelos tratamentos ($F_{3, 75} = 0,968$; $p = 0,412$), com o modelo praticamente sem poder explicativo (R^2 ajustado = -0,001) (Figura 2F). Estes resultados sugerem que, nas condições controladas do presente estudo, os fatores determinantes para a sobrevivência dos alevinos estiveram mais relacionados às condições gerais de manejo como oxigenação adequada e manutenção da temperatura ideal do que propriamente ao tipo de fertilizante orgânico ou à suplementação com probióticos. Isso corrobora Mashhadizadeh et al. (2024), que apenas observaram efeitos de probióticos *S. boulardii* com *B. bifidum* na sobrevivência após estresse térmico. Indicando que, em condições ambientais estáveis como qualidade da água e baixa luminosidade, tornam-se mais determinantes para a sobrevivência, como observado por Qu et al. (2022).

A análise da curva de sobrevivência ao longo do período avaliado (Figura 3), emergem padrões distintos e relevantes. O tratamento controle apresentou o melhor desempenho inicial, alcançando 83% de sobrevivência na primeira avaliação, mas sofreu uma queda gradual nas avaliações subsequentes. Por outro lado, o tratamento com fertilizante ovino mostrou uma recuperação inicial promissora (79% de sobrevivência), porém exibiu um declínio mais acentuado a partir da segunda avaliação. Este comportamento aparentemente paradoxal sugere que, embora o fertilizante ovino tenha demonstrado benefícios claros para a saúde digestiva dos peixes (Figura 4) e aos parâmetros zootécnicos (Figura 2), outros fatores ambientais e fisiológicos podem ter limitado seu potencial de melhorar a sobrevivência a longo prazo.

Figura 3 - Taxa de sobrevivência (%) de tilápia do Nilo ao longo do tempo (quatro períodos diferentes) sob diferentes condições de tratamento: controle - cinza, bovino - vermelho, suíno - roxo e ovino - laranja.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Existem alguns mecanismos podem explicar essa queda observada no tratamento com esterco ovino, tais como o acúmulo de compostos nitrogenados, como amônia e nitrito pode ter levado à redução do oxigênio dissolvido e ao aumento de bactérias patogênicas, como observado no estudo de Qu et al. (2022). Ademias, o probiótico DB AQUA® pode ter atenuado alguns desses efeitos negativos conforme demonstrado por Ferreira et al. (2015) em estudo com *Saccharomyces cerevisiae* seu

efeito provavelmente não foi suficiente para neutralizar completamente o estresse crônico causado pelo acúmulo de matéria orgânica; e por fatores não controlados no experimento, como alterações de temperatura e qualidade da água, podem ter contribuído para este padrão observado, conforme discutido por Brito et al. (2019).

No que diz respeito à segurança dos diferentes tipos de fertilizantes, Lundeba et al. (2022) e Brito et al. (2019) destacam que os fertilizantes suínos podem ser uma bomba relógio, ou seja, liberar rapidamente amônia e patógenos como *Salmonella* e *E. coli*. Em contraste, o fertilizante ovino utilizado no tratamento ovinos mostrou-se mais seguro nestes estudos, caracterizando-se por uma liberação mais gradual de nutrientes e por apresentar menor carga microbiana potencialmente patogênica.

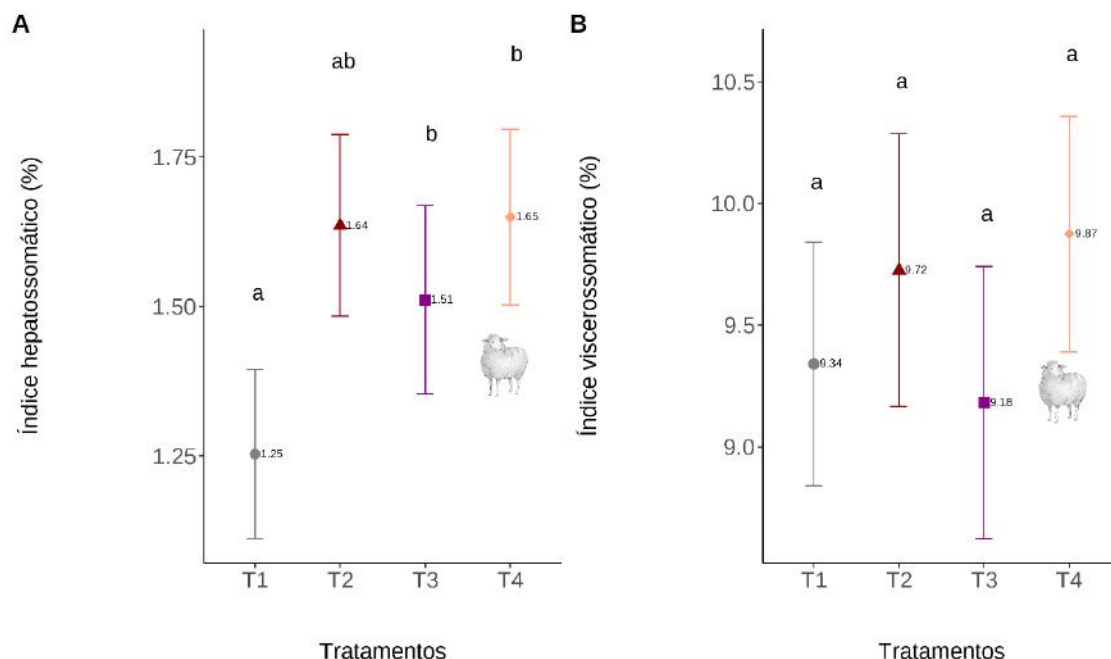
A ação dos probióticos na sobrevivência dos alevinos apresenta complexidades particulares. Xia et al. (2020) demonstraram que *Bacillus cereus* foi capaz de melhorar significativamente a sobrevivência de peixes desafiados com *Streptococcus agalactiae* 43% versus 81% no controle. Salger et al. (2020) observaram altas taxas de sobrevivência 92-98% em viveiros fertilizados mesmo na ausência de probióticos. Taalab et al. (2022) destacam que aditivos como β -caroteno podem aumentar a sobrevivência através da melhoria da imunidade e redução do estresse oxidativo.

Ademais, os resultados da pesquisa de Ferreira et al. (2015) e Chowdhury et al. (2018), que destacam que embora o fertilizante ovino seja menos agressivo que os fertilizantes bovino e suíno, devido ao seu menor conteúdo de amônia e maior proporção de fibras, e os probióticos apresentem benefícios comprovados, esses fatores não são capazes de eliminar completamente o estresse crônico inerente a sistemas fertilizados. O declínio de ovino rápido pode estar associado a fatores ambientais não controlados como flutuações naturais de temperatura e parâmetros de qualidade da água (Brito et al., 2019; Qu et al., 2022) e devido as limitações do probiótico estudos de Diatta et al. (2024) e Kang'ombe et al. (2006) demonstraram que, embora os probióticos possam melhorar parâmetros individuais de saúde, seu efeito é frequentemente insuficiente para compensar completamente os impactos negativos da fertilização excessiva, especialmente quando a qualidade da água atinge níveis críticos.

3.2 Desempenho digestivo

Os resultados deste estudo revelam que os fertilizantes orgânicos, em especial o esterco ovino, tiveram um impacto significativo na saúde digestiva das tilápias, mas de forma seletiva. Enquanto o Índice Hepatosomático (IHS) apresentou uma resposta significativa aos tratamentos ($F_{3,54} = 6,529$; $p = 0,00075$), com o modelo explicando 22,5% da variabilidade (Figura 4 A), o Índice Viscerosomático (IVS) não foi afetado de maneira significativa ($F_{3,51} = 1,551$; $p = 0,213$) (Figura 4 B), indicando que os fertilizantes atuaram mais no fígado do que em outras vísceras.

Figura 4 - Resultado fisiológico dos órgãos digestivos de tilápia do Nilo submetidos a diferentes tratamentos: controle - cinza, bovino - vermelho, suíno - roxo e ovino - laranja. Foram avaliados os parâmetros hepatossomático (IHS) e o índice viscerossomático (IVS). Letras (a, b, c) do teste de tukey representam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$).



Fonte: Autoria Própria (2025).

Frente a isso, verificamos que o esterco ovino destacou-se, elevando o IHS ($\beta = 0,397$; $p = 0,00027$) em comparação ao controle. Os tratamentos com esterco bovino e suíno também promoveram aumentos relevantes ($\beta = 0,382$; $p = 0,00052$ e $\beta = 0,258$; $p = 0,018$, respectivamente) (Figura 4 A), sugerindo que todos os fertilizantes testados estimularam a atividade hepática, possivelmente por melhorarem a utilização de nutrientes. No entanto, o IVS não seguiu o mesmo padrão; embora sem significância estatística ($p > 0,05$), o ovino novamente apresentou a maior tendência de aumento ($\beta = 0,533$; $p = 0,130$), enquanto o suíno mostrou uma ligeira redução ($\beta = -0,160$; $p = 0,671$) (Figura 4 B). Essa divergência entre IHS e IVS sugere que os fertilizantes influenciam preferencialmente o metabolismo hepático, sem alterações sistêmicas no peso das vísceras.

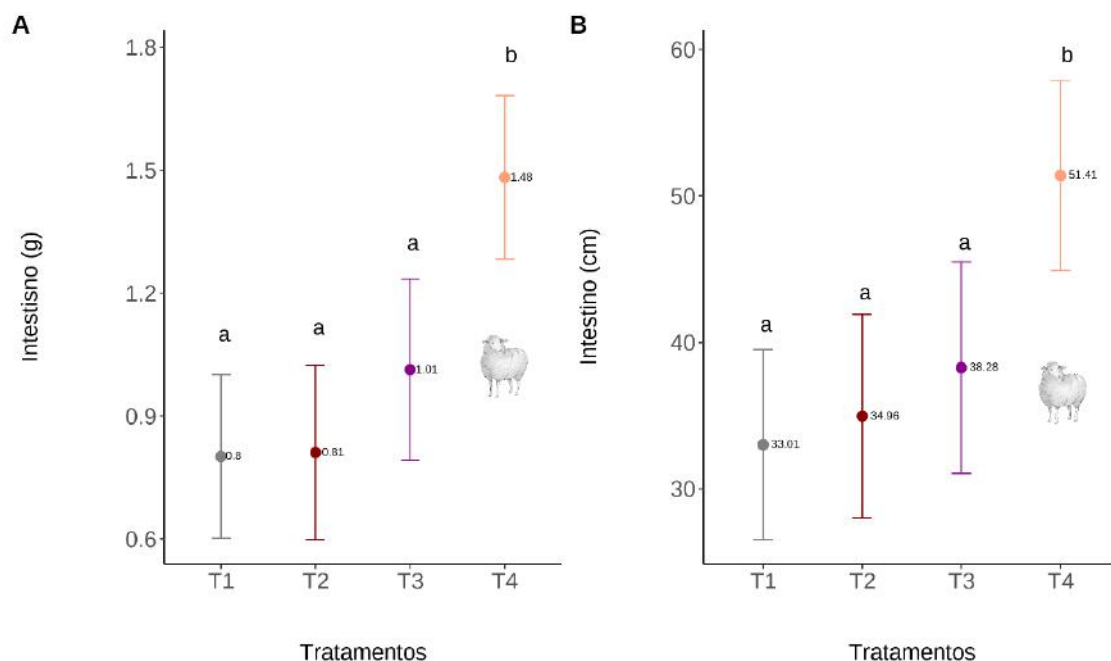
Estudos com probióticos na ração (Silva et al., 2021; Ferreira et al., 2015) não observaram alterações no IHS/IVS, sugerindo que a via água com ração modula diferentemente o metabolismo hepático. Hajirezaee et al. (2024) relataram redução no IHS com *Lactobacillus rhamnosus* com betaína, enquanto nossos dados mostraram aumento, possivelmente devido aos nutrientes extras presente no fertilizante ovino.

O IHS elevado pode refletir maior atividade metabólica, e não dano hepático, como sugerido por Ferreira et al (2015) com liberação gradual de nutrientes, que podem levar a ativação de vias metabólicas e estimular a produção de proteínas de desintoxicação (Diatla et al., 2024; Hajirezaee et al., 2024) e consequentemente modular a microbiota intestinal (Asha et al., 2024; Huang et al., 2024)

A análise morfométrica intestinal revelou uma forte correlação entre peso e comprimento intestinal ($r = 0,669$; $p < 0,001$), indicando que, o desenvolvimento dessas estruturas segue um padrão coordenado, em que à medida que o intestino ganha massa, tende também a se alongar. A análise do impacto dos fertilizantes, nesses parâmetros do intestino indica que o esterco ovino destacou-se como o mais eficaz, pois este tratamento não apenas aumentou o peso intestinal ($F_{3,55} = 10,06$; $p < 0,001$, $\beta = 0,681$) (Figura 5 A), como também promoveu um alongamento expressivo ($\beta = 18,40$; $p < 0,001$) (Figura 5 B),

resultando em intestinos 56% mais longos que os do controle. Em contrapartida, os demais tratamentos bovino e suíno não diferiram estatisticamente do controle, evidenciando que o ovino possui características únicas que favorecem o desenvolvimento intestinal de forma mais eficiente.

Figura 5 - Desenvolvimento intestinal de tilápia do Nilo e suas respostas aos tratamentos: controle - cinza, bovino - vermelho, suíno – roxo e ovino - laranja. Avaliou-se dois parâmetros o peso (g) e o comprimento (cm) do intestino. Letras (a, b e c) indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) pelo teste de tukey.



Fonte: Autoria Própria (2025).

Esta disparidade nos resultados foi consistente com observações prévias de Chowdhury et al. (2018) e Kang'ombe et al. (2006), que reportaram que fertilizantes bovino e suíno muitas vezes não têm efeito significativo no crescimento, alinhando-se com nossos resultados. Ademais, a superioridade do fertilizante ovino no desenvolvimento intestinal pode ser explicada por suas características físico e químicas descritas na literatura. Enquanto fertilizantes de aves (Kang'ombe et al., 2006) causam picos de amônia que inibem o crescimento, o fertilizante ovino possui teor moderado de N (1-2%) e relação C/N equilibrada (15-20) (Ferreira et al., 2015), o que, em outros estudos, resultaram em liberação gradual de nutrientes e qualidade da água estável.

Essa condição provavelmente favoreceu a colonização eficaz pelos probióticos DB AQUA®, como observado em Huang et al. (2024) para *Bacillus* spp. E confirmado por Asha et al. (2024), onde a presença dos *Bacillus* spp podem ter degradado compostos do fertilizante, aumentando a biodisponibilidade de nutrientes. Essa sinergia entre probiótico e fertilizante pode explicar por que o ovino promoveu um intestino mais longo e mais denso proporcionalmente ao peso vivo, potencialmente melhorando a absorção de nutrientes.

4. Conclusão

Os resultados deste estudo demonstram que a combinação do probiótico DB AQUA® com fertilizantes orgânicos

influenciou significativamente o desempenho produtivo e a saúde de alevinos de tilápia do Nilo, com destaque para o tratamento com fertilizante ovino, que apresentou os melhores resultados em eficiência alimentar, ganho de biomassa e peso final. Apesar disso, nenhum dos tratamentos afetou significativamente a sobrevivência dos peixes, indicando que esse parâmetro está mais relacionado a fatores ambientais e de manejo do que à suplementação com probióticos ou fertilizantes.

O ovino reduziu a conversão alimentar em 59,6% em comparação ao controle, além de promover maior ganho de biomassa 170,5 g vs. 64,7 g no controle e peso final 82% superior. Esses resultados sugerem que o fertilizante ovino, em sinergia com o probiótico, pode ter favorecido uma microbiota intestinal mais eficiente, melhorando a absorção de nutrientes e o metabolismo hepático como evidenciado pelo aumento do Índice Hepatosomático. Contudo, a ausência de efeitos no Índice Viscerosomático e na sobrevivência indica que os benefícios foram específicos para o crescimento e eficiência alimentar, sem impactos sistêmicos mais amplos.

Em contraste, os fertilizantes bovinos e suíno apresentaram desempenho inferior, possivelmente devido à liberação acelerada de amônia e à presença de compostos que podem ter induzido estresse metabólico nos peixes. A análise morfológica intestinal reforçou a superioridade do ovino, com intestinos 56% mais longos que os do controle, corroborando a hipótese de que esse tratamento favoreceu um desenvolvimento digestivo mais eficiente.

Em síntese, a combinação do probiótico DB AQUA® com fertilizante ovino é uma estratégia promissora para melhorar o desempenho zootécnico de alevinos de tilápia, embora sua eficácia na saúde geral e sobrevivência dependa de outros fatores, como qualidade da água e manejo adequado. Estudos futuros devem investigar os mecanismos microbianos envolvidos nessa interação, bem como avaliar a viabilidade econômica dessa abordagem em sistemas de produção em larga escala.

Referências

- Asha, A. A., Haque, M. M., Hossain, Md. K., Hasan, Md. M., Bashir, A., Hasan, Md. Z., Shohan, M. H., Farin, N. N., Schneider, P., & Bablee, A. L. (2024). Effects of Commercial Probiotics on the Growth Performance, Intestinal Microbiota and Intestinal Histomorphology of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Reared in Biofloc Technology (BFT). *Biology*, 13(5), 299. <https://doi.org/10.3390/biology13050299>
- Barlaya, G., Ananda Kumar, B. S., Rupa, T. R., Raghavendra, C. H., Saurabh, S., & Sridhar, N. (2021). Evaluation of the Effect of Different Locally Available Manures on Planktonic Quality and Quantity. *Aquaculture*, 1–15. <https://doi.org/10.61885/joa.v29.2021.265>
- Bekman, O. R., & Neto, P. L. O. C. (2009). *Análise Estatística da Decisão* (2ª ed). Editora Edgar Blucher.
- Bondad-Reantaso, M. G., MacKinnon, B., Karunasagar, I., Fridman, S., Alday-Sanz, V., Brun, E., Le Groumellec, M., Li, A., Surachetpong, W., Karunasagar, I., Hao, B., Dall'Occo, A., Urbani, R., & Caputo, A. (2023). Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15(4), 1421–1451. <https://doi.org/10.1111/raq.12786>
- Brito, J. M. D., Ferreira, A. H. C., Santana Júnior, H. A., Oliveira, A. P. A., Santos, C. H. L., & Oliveira, L. T. S. (2019). Desempenho zootécnico de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com cepas probióticas e submetidos a desafio sanitário. *Brazilian Animal Science*, 20, 1–9. <https://doi.org/10.1590/1809-6891v20e-37348>
- Chowdhury, P., Hossain, M., Raushon, N., & Rahman, M. (2018). Effects of different amounts of organic fertilizers on growth and production of tilapia in monoculture. *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology*, 8(2), 24–31. <https://doi.org/10.3329/ijarit.v8i2.40552>
- D'Abramo, L. (2025). Realizing the Potential of Aquaculture: Undertaking the Wicked Problems of Climate Change, Food Production Systems and Global Food Security. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 33(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/23308249.2024.2389537>
- Diatla, A. A., Bassène, C., Manga, A. G. B., Senghor, Y., Sambou, M., & Mbow, C. (2024). Enhancing the sustainability of cowpea production through the integrated use of fish effluents and animal manure. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 7(4), e20578. <https://doi.org/10.1002/agg2.20578>
- El-Naby, A. S. A., Asely, A. M. E., Hussein, M. N., Khattaby, A. E.-R. A., A.Sabry, E., Abdelsalam, M., & Samir, F. (2024). Effects of dietary fermented *Saccharomyces cerevisiae* extract (Hilyes) supplementation on growth, hematology, immunity, antioxidants, and intestinal health in Nile tilapia. *Scientific Reports*, 14(12583). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62589-9>
- FAO. (2024). *He State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action* (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Fariás, D. R., Ibarra, R., Estévez, R. A., Tlustý, M. F., Nyberg, O., Troell, M., Avendaño-Herrera, R., & Norden, W. (2024). Towards Sustainable Antibiotic Use in Aquaculture and Antimicrobial Resistance: Participatory Experts' Overview and Recommendations. *Antibiotics*, 13(9), 887. <https://doi.org/10.3390/antibiotics13090887>

- Ferreira, A. H. C., Brito, J. M. de, Lopes, J. B., Júnior, H. A. de S., Batista, J. M. M., Silva, B. R. da, Souza, E. M., & Amorin, I. L. (2015). Probiótico na alimentação de pós-larvas de tilápias do Nilo submetidas a desafio sanitário. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 16(2). <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402015000200017>
- Ghori, I., Tubassam, M., Ahmad, T., Zuberi, A., & Imran, M. (2022). Gut microbiome modulation mediated by probiotics: Positive impact on growth and health status of *Labeo rohita*. *Frontiers in Physiology*, 13, 949559. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.949559>
- Gil, A. C. (2017). *Como Elaborar Projetos de Pesquisa* (6ª ed, Vol. 6). Editora Atlas.
- Hajirezaee, S., Ramezani, S., & Ahani, S. (2024). Betaine and the probiotic, *Lactobacillus rhamnosus* in the diet of the Common carp, *Cyprinus carpio*: Effects on growth, digestive enzyme activities, antioxidant system, humoral and mucosal immunity and resistance to *Streptococcus iniae*. *Aquaculture Reports*, 38. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102282>
- Hong, B., Li, Q., Li, J., Zhou, M., Wang, X., He, B., & Yu, S. (2023). Spectrum of pharmaceutical residues in commercial manure-based organic fertilizers from multi-provinces of China mainland in relation to animal farming and possible environmental risks of fertilization. *Science of The Total Environment*, 894, 165029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165029>
- Hothorn, T., Bretz, F., & Westfall, P. (2008). Simultaneous Inference in General Parametric Models. *Biometrical Journal*, 50(3), 346–363. <https://doi.org/10.1002/bimj.200810425>
- Huang, X., He, H., Li, Z., Liu, C., Jiang, B., Huang, Y., Su, Y., & Li, W. (2024). Screening and effects of intestinal probiotics on growth performance, gut health, immunity, and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) against *Streptococcus agalactiae*. *Fish & Shellfish Immunology*, 151, 109668. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2024.109668>
- John, V. C., Verma, A. K., Krishnani, K. K., Munilkumar, S., Varghese, T., Hittinahalli, C. M., & S., A. (2025). Transforming waste to value: Exploring potential of different organic fertilizer extracts as supplement mineral nutrients in aquaculture wastewater towards sustainable production of *Channa striata* (Bloch, 1793) and *Lactuca sativa* L. aquaponics. *Aquaculture International*, 33(4), 256. <https://doi.org/10.1007/s10499-025-01943-8>
- Jossefa, A. A., Nerantzoulis, I. C., & Mussagy, A. (2023). Supplementation of probiotics in Nile tilapia fingerling cultivation subjected to microbial challenge. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 21(2), 1–9. <https://doi.org/10.4314/wiojms.v21i2.1>
- Kang'ombe, J., Brown, J. A., & Halfyard, L. C. (2006). Effect of using different types of organic animal manure on plankton abundance, and on growth and survival of Tilapia rendalli (Boulenger) in ponds. *Aquaculture Research*, 37(13), 1360–1371. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01569.x>
- Lenth, R. V. (2025). *emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means*. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.emmeans>
- Lundeba, M., Cole, S. M., Mekki, W., Yossa, R., Basiita, R. K., Nyirenda, M., Muyuni, N., & Benzie, J. A. H. (2022). On-farm participatory evaluation of feeding approaches used by farmers for tilapia (*Oreochromis macrochir*) production in northern Zambia. *Aquaculture*, 549, 9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737747>
- Mahmoud, M. M. A., El-Lamie, M. M. M., Kilany, O. E., & Dessouki, A. A. (2018). Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation improves growth performance, feed utilization, immune response, and relieves oxidative stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged with *Pseudomonas fluorescens*. *Fish and Shellfish Immunology*, 72, 291–300. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.11.006>
- Maniraj, N. D. (2024). Fertilizers in Aquaculture: An Overview of its Types, Market Trends, and future. *Pakistan Journal of Zoology*, 1–12. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20240713054109>
- Mashhadizadeh, N., Khezri, S., Esfahani, D. E., Mohammadzadeh, S., Ahmadifar, E., Ahmadifar, M., Moghadam, M. S., & El-Haroun, E. (2024). Enhancing growth performance, antioxidant defense, immunity response, and resistance against heat stress in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed *Saccharomyces boulardii* and/or *Bifidobacterium bifidum*. *Aquaculture Reports*, 39, 102462. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.102462>
- Mustafa, A., Belavilas, M., Hossain, R., & Mishu, I. (2024). Immunological effects of vitamin c and zinc on tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to cold water stress. *Plos One*, 19(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311078>
- Naiel, M. A., Shehata, A. M., El-Kholy, A. I., El-Naggar, K., Farag, M. R., & Alagawan, M. (2022). The mitigating role of probiotics against the adverse effects of suboptimal temperature in farmed fish: A review. *Aquaculture*, 550. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737877>
- Ogello, E. O., Wullur, S., & Hagiwara, A. (2019). Blending fishwastes and chicken manure extract as low-cost and stable diet for mass culture of freshwater zooplankton, optimized for aquaculture. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 567(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/567/1/012022>
- Padeniya, U. M. (2025). Influence of dietary fermented yeast products (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, health and microbiome of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and the influence of discharge water in the production of romaine lettuce (*Lactuca sativa*). *Animal Feed Science and Technology*, 325.
- PeixeBr. (2025). Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2025. *Peixe Br*, 67. <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* (1º ed). Manancial repositório digital da UFSM. <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/15824>
- Prakash Raman, R. (2023). Organic Manuring in Freshwater Aquaculture and Its Impact on Pond Ecosystem and Fish Health: An Overview. *Journal of Aquaculture*, 1–21. <https://doi.org/10.61885/joa.v26.2018.144>
- Qu, B., Zhao, H., Chen, Y., & Yu, X. (2022). Effects of low-light stress on aquacultural water quality and disease resistance in Nile tilapia. *Plos One*, 17(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0268114>
- R Core Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (Vienna, Austria). R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

- Rodrigues, R. B., Meurer, F., Da Silva, D. M., Uczay, M., & Boscolo, W. R. (2017). Tecnologia de bioflocos no cultivo de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Tecnológica*, 10(2), 75–89. <https://doi.org/10.35818/acta.v10i2.351>
- Salger, S. A., Reza, J., Deck, C. A., Wahab, Md. A., Baltzegar, D. A., Murr, A. T., & Borski, R. J. (2020). Enhanced biodiversity of gut flora and feed efficiency in pond cultured tilapia under reduced frequency feeding strategies. *Plos One*, 15(7), e0236100. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236100>
- Shitsuka, R., Shitsuka, C. D. W. M., Shitsuka, R. I. C. M., Shitsuka, & Shitsuka, D. M. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia* (2º ed). Editora Erica.
- Silva, V. V., Salomão, R. A. S., Mareco, E. A., Dal Pai, M., & Santos, V. B. (2021). Probiotic additive affects muscle growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 52(5), 2061–2069. <https://doi.org/10.1111/are.15057>
- Taalab, H. A., Mohammady, E. Y., Hassan, T. M. M., Abdella, M. M., & Hassaan, M. S. (2022). β -Carotene of *Arthrospira platensis* versus vitamin C and vitamin E as a feed supplement: Effects on growth, haemato-biochemical, immune-oxidative stress and related gene expression of Nile tilapia fingerlings. *Aquaculture Research*, 53(13), 4832–4846. <https://doi.org/10.1111/are.15977>
- Tom, A. P., Jayakumar, J. S., Biju, M., Somarajan, J., & Ibrahim, M. A. (2021). Aquaculture wastewater treatment technologies and their sustainability: A review. *Energy Nexus*, 4, 100022. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2021.100022>
- Vazzoler, A. E. A. de M. (1996). *Biologia da reproducao de peixes teleósteos: Teoria e prática* (Sao Paulo, Maringá). Editora EDUEM.
- Vieira, S. (2021). *Introdução à Bioestatística* (6º ed). Editora GEN Guanabara Koogan.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag. <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wolff Ferreira, M., Martins Santos, R., Rodrigues Da Silva, A., Saory Makimoto, S., Capibaribe Barbosa, G. R., & Braziliano De Andrade, G. (2019). Mortality in Pacus (*Piaractusmesopotamicus*) caused by Pantoeaagglomerans and Pseudomonas aeruginosa in Excavated Tank. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.90826>
- Xia, Y., Wang, M., Gao, F., Lu, M., & Chen, G. (2020). Effects of dietary probiotic supplementation on the growth, gut health and disease resistance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Nutrition*, 6, 11. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2019.07.002>
- Zimmermann, S., Kiessling, A., & Zhang, J. (2023). The future of intensive tilapia production and the circular bioeconomy without effluents: Biofloc technology, recirculation aquaculture systems, bio-RAS, partitioned aquaculture systems and integrated multitrophic aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15(S1), 22–31. <https://doi.org/10.1111/raq.12744>