

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Hugo Henrique D' Amore Soares

Zootecnista

**USO DE BIORREMEDIADOR EM FUNÇÃO DO
ARRAÇOAMENTO DE JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO
(*Oreochromis niloticus*) NO OUTONO/INVERNO**

Dracena

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Hugo Henrique D' Amore Soares

**USO DE BIORREMEDIADOR EM FUNÇÃO DO
ARRAÇOAMENTO DE JUVENIS DA TILÁPIA-DO-NILO
(*OREOCHROMIS NILOTICUS*) NO OUTONO/INVERNO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp, Câmpus de Dracena como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Susumu Takahashi

Dracena

2023

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

S676u

Soares, Hugo Henrique D' Amore.

Uso de biorremediador em função do arraçoamento de juvenis da Tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) no outono/inverno / Hugo Henrique D' Amore Soares. -- Dracena: [s.n.], 2023.

46 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2023.

Orientador: Leonardo Susumu Takahashi

1. Microorganismos. 2. Biorremediação. 3. Probióticos. 4. Sustentabilidade. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

Esta pesquisa visa aprimorar a sustentabilidade na produção de tilápias, atendendo à crescente demanda por peixes. Ao explorar biorremediadores, contribui para a preservação ambiental e oferece soluções inovadoras para a aquicultura, beneficiando a sociedade.

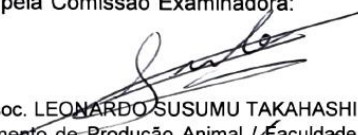
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

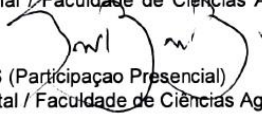
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Uso de biorremediador em função do arraçoamento de juvenis de Tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no outono/inverno

AUTOR: HUGO HENRIQUE D'AMORE SOARES

ORIENTADOR: LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, pela Comissão Examinadora:


Prof. Assoc. LEONARDO SUSUMU TAKAHASHI (Participação Presencial)
Departamento de Produção Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - FCAT - Unesp de Dracena


Prof. Dr. SÉRGIO BISPO RAMOS (Participação Presencial)
Departamento de Produção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas - Unesp de Dracena

Prof. Dr. EDUARDO PAHOR FILHO (Participação Virtual)
Zootecnia / Universidade Federal de São João del Rei

 Documento assinado digitalmente
EDUARDO PAHOR FILHO
Data: 14/08/2023 18:24:41-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dracena, 02 de agosto de 2023

DADOS CURRÍCULARES DO AUTOR

Hugo Henrique D'Amore Soares, nascido em 17 de julho de 1997, na cidade de Osvaldo Cruz/SP. Ingressou no curso de Zootecnia da FCAT - Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Câmpus de Dracena – Unesp, no ano de 2016, onde realizou estudos e treinamentos práticos na área da piscicultura e trabalho de conclusão de curso intitulado: “Determinação da exigência da proteína com dietas formuladas pelo método da diluição para piaparas (*Megaleporinus obtusidens*)” na área de Nutrição e Metabolismo Animal, sob orientação do professor Dr. Leonardo Susumu Takahashi. Em julho de 2021 graduou-se em Zootecnia e em agosto ingressou no curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal no programa de pós-graduação interunidades Ilha Solteira/SP – Dracena/SP, na linha de pesquisa em Melhoramento, Nutrição e Qualidade de Produtos de Origem Animal, sob orientação do professor Dr. Leonardo Susumu Takahashi.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação aos meus pais,
Gilberto e Leila, pela educação sólida e
apoio inabalável.

À memória do meu avô **Silas Pinto**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, fonte inesgotável de inspiração e capacitação, por sempre iluminar meu caminho e minhas escolhas. Aos meus queridos pais, Gilberto e Leila, que sempre fizeram de tudo para que eu pudesse perseguir meus sonhos. Aos meus amados irmãos, Felipe e Isabela, e aos meus sobrinhos Brayan e Bianca, eu os amo profundamente.

Expresso minha gratidão aos meus avós, a todos meus familiares e aos meus amigos mais próximos, pelo apoio constante e pelo estímulo incansável, que foram fundamentais para que eu nunca desistisse dos meus objetivos.

Quero agradecer a cada técnico e funcionário da Unesp Dracena pelo suporte e pela dedicação. Sou imensamente grato ao Grupo de Aquicultura da Unesp Dracena (GAUD) pela colaboração e pelo trabalho em equipe. Especialmente agradeço ao Affonso Gama e à Gabriela Carli, por todas as tarefas compartilhadas, pelos desafios superados e pelas risadas que compartilhamos. Sem vocês, nada disso seria possível.

Por fim, estendo meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, contribuíram para este momento significativo em minha vida. Um agradecimento especial ao meu orientador, Leonardo Takahashi, por sua orientação, amizade e confiança, desde a minha graduação até este momento muito importante em minha vida.

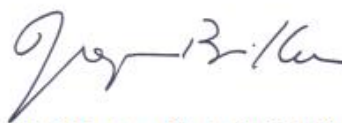
Este é um marco muito importante em minha jornada acadêmica, e tudo o que alcancei até aqui não teria sido possível sem apoio e a influência de cada um de vocês. Muito obrigado!!

Comissão de Ética no Uso de Animais

Certificado

Certificamos que a proposta intitulada "Uso de biorremediador em função da taxa de arraçoamento de juvenis da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): desempenho produtivo e qualidade de água" (**Use of bioremediation as a function of the feeding rate of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): productive performance and water quality**), registrada com o nº 04/2023 – CEUA, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). **Leonardo Susumu Takahashi** – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de **pesquisa científica** – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS – CEUA da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP - Câmpus de Dracena, em **30/03/2023**.

Dracena, 04 de abril de 2023.



Prof.ª Dra Jaqueline Dalbello Biller

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais

RESUMO

O aumento na demanda global por peixes, motivado por benefícios nutricionais e crescimento populacional, desafia a sustentabilidade ambiental e o bem-estar desses organismos. Para enfrentar esses desafios, estudos focados em práticas de manejo e microrganismos têm recebido atenção na busca por soluções. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de níveis de aplicação de um biorremediador na água em função da taxa de arraçoamento de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) no desempenho produtivo e qualidade da água durante o outono/inverno. Os peixes foram distribuídos em 24 caixas de 1000 L, dispostas em ambiente externo num sistema aberto de circulação, com fluxo de água constante, e aerador elétrico para promover adequada concentração de oxigênio dissolvido na água. Foram utilizados 960 peixes com peso médio inicial de 30 g, distribuídos na densidade de 40 peixes/caixa. Durante o experimento foi utilizada uma dieta comercial adequada a tilápia-do-Nilo, fornecida em três refeições diárias durante todo o experimento. Foi adotada a taxa de arraçoamento de 3% da biomassa de cada unidade experimental. A quantidade de ração ofertada foi corrigida aos 30 dias, a partir de biometria de todos os peixes de cada unidade. O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 4 repetições por tratamento. Cada tratamento correspondeu a uma porcentagem de inclusão do biorremediador (0%; 0,5%; 1%; 2%; 3%; 4%) de acordo com o fornecimento de ração semanal. A quantidade calculada foi dividida em duas aplicações por semana. Foram avaliados parâmetros de desempenho produtivo e parâmetros físico-químicos da água. Os dados obtidos foram verificados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Bartlett) das variâncias. Os resultados foram submetidos a ANOVA de uma via (One-way), seguido pelo teste de Tukey para identificar diferenças entre as médias. Os efeitos dos tratamentos foram considerados significativos ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote ExpDes.pt no software R® versão 3.5.1. O uso do biorremediador não teve impacto nos parâmetros de desempenho produtivo e físico-químicos da água. A eficácia dos microrganismos pode ter sido influenciada por diversos fatores, incluindo ambiente aquático e dosagem.

Palavras-chave: Microorganismos. Biorremediação. Probióticos. Sustentabilidade.

ABSTRACT

The increasing global demand for fish, driven by nutritional benefits and population growth, impose challenges to environmental sustainability and the welfare of these organisms. To address these challenges, studies focusing on management practices and microorganisms have received attention. This research aimed to assess the impact of different application levels of a bioremediator in water, based on the feeding rate of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles during the autumn/winter season. Fish were distributed into 24 outdoor 1000 L tanks in an open circulation system with continuous water flow and an electric aerator to maintain adequate dissolved oxygen concentration. A total of 960 fish with an initial average weight of 30 g were stocked at a density of 40 fish per tank. Throughout the experiment, a commercial diet suitable for Nile tilapia was provided in three daily meals. The feeding rate was set at 3% of the biomass in each experimental unit. The experiment followed a completely randomized design with 6 treatments and 4 replicates per treatment. Each treatment corresponded to a percentage inclusion of the bioremediator (0%; 0.5%; 1%; 2%; 3%; 4%) based on the weekly feeding supply. The calculated amount was divided into two weekly applications. Parameters related to productive performance and physicochemical water parameters were evaluated. Data were assessed for normality (Shapiro-Wilk's test) and homoscedasticity (Bartlett's test). The results were submitted to one-way ANOVA, followed by Tukey's test to identify mean's differences. Treatment effects were considered significant at a 5% probability level. All analyses were performed using the ExpDes.pt package in R® software version 3.5.1. The use of the bioremediator had no impact on productive performance parameters or physicochemical water parameters. The efficacy of microorganisms can be influenced by various factors, including the aquatic environment and dosage.

Keywords: Microorganisms, bioremediator, probiotic, sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema experimental com 24 caixas de 1000 L com entrada e saída de água individual e aerador acoplado a tubos de PVC, utilizadas para condução do experimento. _____ 24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente_____ 26

Tabela 2 – Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente após biometria de 30 dias_____ 27

Tabela 3 – Parâmetros de desempenho produtivo dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes dosagens do biorremediador._____ 30

Tabela 4 – Parâmetros físicos-químicos da água dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) submetidos a diferentes dosagens do biorremediador. _____ 35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo geral	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Intensificação e impactos da aquicultura.....	17
3.2 Biorremediação	18
3.3 Probióticos.....	21
3.4 Tilápia-do-Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	22
4 MATERIAL E MÉTODOS	23
4.1 Instalações e condições experimentais	23
4.2 Delineamento experimental.....	25
4.3. Quantidade de ração e Embiotic	26
4.4. Variáveis avaliadas	27
4.4.1. Avaliação do desempenho produtivo	27
4.4.2 Parâmetros físico-químico da água.....	27
4.5 Análises estatísticas	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5.1 Desempenho produtivo	29
5.2 Parâmetros de qualidade de água	34
6. CONCLUSÃO.....	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a aquicultura tem desempenhado um papel significativo na produção de alimentos em todo o mundo, traduzindo-se numa fonte sustentável e crescente de proteína animal. Em 2020, a produção total de organismos aquáticos destinados ao consumo humano atingiu 87,5 milhões de toneladas, sendo a piscicultura a atividade de maior destaque, representando cerca de 66% do total da produção de pescado (FAO, 2022). No contexto nacional, a produção brasileira registrou um aumento de 2,3% em 2022 comparado com o ano anterior e um aumento de aproximadamente 48,6% em relação a 2014, totalizando 860.355 toneladas. A tilápia-do-Nilo foi a espécie que mais contribuiu para esse resultado, com uma produção de 550.060 toneladas em 2022, representando cerca de 63,93% da produção nacional de peixes (PEIXE BR, 2023).

Neste contexto, a piscicultura, como atividade produtiva voltada para a criação de peixes, tem despertado crescente interesse e se apresenta como um setor promissor para o desenvolvimento agropecuário do Brasil (DE OLIVEIRA *et al.*, 2022; PEIXE BR, 2023). O país demonstra um vasto potencial para o crescimento exponencial da atividade, respaldado por diversos fatores favoráveis. Dentre eles, destaca-se a abundância de recursos hídricos, contando com cerca de 12% de toda água renovável do planeta, com extensos sistemas fluviais, lagos e represas que oferecem condições propícias para criação de diferentes espécies de peixes. Além disso, as extensas áreas para construção de viveiros, tanques e açudes, aliadas ao clima tropical predominante em grande parte do território nacional, proporcionam condições ideais para a produção desses organismos aquáticos (NOBILE *et al.*, 2019; VALENTI *et al.*, 2021).

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento significativo no consumo de peixes em nível global, o que tem impulsionado a indústria aquícola a se expandir e se adaptar às demandas crescentes. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura - FAO (FAO, 2022), no ano de 2019, o consumo per capita de peixes migradores e de água doce alcançou 8,2 kg. Esse aumento na demanda é justificado por uma série de fatores, incluindo a crescente conscientização sobre os benefícios para a saúde humana associados ao consumo de peixes, alimento rico em proteínas de alta qualidade, ácidos graxos polinsaturados (ômega-3) e outros nutrientes essenciais, como vitaminas (A; D; E; B12) e minerais (Ca; Mg; Fe; Cu; Zn) (TACON *et al.*, 2020; ZHANG *et al.*, 2020).

Além disso, o crescimento populacional, mudanças nas preferências alimentares, maior disponibilidade de derivados do pescado no mercado e ampliação de espécies produzidas também têm contribuído para esse crescimento (VALENTI *et al.*, 2021).

No entanto, o aumento na demanda pela carne de peixe tem ocasionado a intensificação nos sistemas de produção, levantando preocupações em relação aos impactos ambientais, à saúde desses animais e a sustentabilidade a longo prazo (NOBILE *et al.*, 2019; VALLE, 2019). A elevação das densidades de estocagem resulta em estresses nos peixes devido ao aumento das práticas de manejo, alterações no equilíbrio ambiental e o surgimento de doenças. Isso impacta negativamente no desempenho produtivo e na qualidade da carne, além de causar problemas relacionados à qualidade da água (EL-SAADONY *et al.*, 2021).

A busca por soluções que conciliem o aumento da produção com a preservação dos ecossistemas aquáticos, o bem-estar animal e a segurança alimentar se torna imperativa. Nesse contexto, na tentativa de mitigar tais problemas, boas práticas de manejo e ações preventivas, como o uso de biorremediadores e aditivos, como probióticos, por exemplo, vem sendo adotados pelos piscicultores (REN *et al.*, 2019; SOUZA, 2021). Sendo assim, estudos relacionados à utilização de microrganismos visando melhorar o desempenho dos peixes e remediar os impactos negativos na qualidade da água gerados pela piscicultura têm ganhado crescente destaque na literatura científica.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de níveis de aplicação de um biorremediador comercial na água em função do arraçoamento de juvenis da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o outono/inverno.

2.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o desempenho produtivo de juvenis da tilápia-do-Nilo submetidos a níveis de aplicação do biorremediador na água em função do arraçoamento;
- Avaliar a qualidade da água dos tanques de produção dos juvenis de tilápia-do-Nilo submetidos a níveis de aplicação do biorremediador em função do arraçoamento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Intensificação e Impactos da Aquicultura

A aquicultura tem mostrado um crescimento significativo nas últimas décadas, impulsionado pela demanda global por alimentos de origem aquática. Entre 1961 e 2019, registrou-se um aumento da ingestão anual de organismos aquáticos de 3%, que resultou em um consumo per capita anual que atingiu um recorde histórico de 20,5 kg em 2019. As projeções indicam que até 2030, 90% de toda a produção de animais aquáticos estará destinada ao consumo humano, que representará um aumento geral de 15% em comparação com 2020 (FAO, 2022). Essa expectativa reforça a importância dos alimentos aquáticos como uma fonte vital de nutrientes para a população global em constante crescimento. No entanto, esse avanço exige uma abordagem cuidadosa para garantir a sustentabilidade da produção e minimizar os impactos negativos ao ambiente (NAUGHTON *et al.*, 2020; OSMUNDSEN *et al.*, 2020).

Um dos principais desafios enfrentados pela atividade é o gerenciamento adequado dos recursos hídricos. A produção intensiva de peixes em tanques ou viveiros pode resultar no acúmulo de resíduos, como fezes e restos de ração, que podem poluir a água, através da liberação de altos níveis de compostos nitrogenados e fósforo (BENTZON-TILIA *et al.*, 2016; ZHU *et al.*, 2019). Além disso, pode causar problemas como a eutrofização, processo no qual o ambiente aquático se torna excessivamente rico em nutrientes (principalmente N e P) aumentando a proliferação de fitoplâncton, e resultando na diminuição dos níveis de oxigênio dissolvido na água durante a noite, tornando prejudicial aos peixes (DODDS e SMITH, 2016; NIE *et al.*, 2020). Além disso, a geração de resíduos sólidos, como o acúmulo de lodo no fundo dos tanques ou viveiros, também é uma preocupação. O lodo pode conter substâncias tóxicas e nutrientes indesejáveis, como compostos nitrogenados, fósforo e carbono orgânico dissolvido, sendo necessário adotar medidas para sua remoção e tratamento adequado (JASMIN *et al.*, 2020).

Neste sentido, os compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) são resíduos comuns encontrados na produção aquícola e podem ser prejudiciais aos peixes quando presentes em níveis elevados. A amônia (NH_3) é o resultado do catabolismo de proteínas e é o composto mais preocupante no meio aquático, sendo liberada pelos peixes através de suas excreções e da decomposição de resíduos orgânicos no sistema de criação (KUBITZA, 2003; PEREIRA; MERCANTE, 2005;

MARTINEZ *et al.*, 2006). Altos níveis de amônia, além de serem prejudiciais ao ambiente, podem ser tóxicos aos peixes, afetando o sistema respiratório e prejudicando sua capacidade de excretar produtos metabólicos. Isso pode resultar em estresse, danos ao fígado e brânquias, ocasionando redução no desempenho produtivo e mortalidade (YUSOFF *et al.*, 2011; DE ARAÚJO *et al.*, 2021).

Atualmente, são empregadas diversas práticas para o tratamento de sólidos e águas residuais da atividade. Os métodos biológicos têm sido preferidos em relação aos métodos físicos e químicos. Essa preferência se justifica pelo seu baixo custo de implantação, respeito ao meio ambiente e maior aceitação pelo público (JOHN *et al.*, 2020; ROBLES-PORCHAS *et al.*, 2020). Os microrganismos podem desempenhar um papel crucial na remediação dos impactos ambientais causados pela aquicultura. Por exemplo, certas bactérias podem ser empregadas para a degradação de resíduos orgânicos, convertendo-os em substâncias menos prejudiciais (KOBAYASHI; KOBAYASHI, 1995; PEREIRA; MERCANTE, 2005). Além disso, a aplicação de microrganismos probióticos na alimentação dos peixes pode melhorar a digestão e reduzir a excreção de nutrientes, minimizando a poluição da água (SOLTANI *et al.*, 2019).

Em suma, para garantir um crescimento contínuo e sustentável da aquicultura, é fundamental adotar abordagens responsáveis que considerem os impactos ambientais e busquem soluções para mitigá-los (CAMPANATI *et al.*, 2022). O uso de microrganismos benéficos, juntamente com práticas adequadas de manejo, pode ser uma estratégia promissora para enfrentar os desafios e alcançar uma produção aquícola sustentável e ambientalmente amigável.

3.2 Biorremediação

A busca por soluções efetivas de recuperação de ambientes aquáticos na piscicultura tem se tornado um elemento-chave para promover a intensificação sustentável dessa atividade. Diversas abordagens podem ser adotadas para garantir a qualidade da água em sistemas de produção, dentre eles, a utilização de produtos químicos como cloro, agentes quelantes, ozônio e métodos físicos, a aeração, filtração e trocas parciais de água, que possuem efeitos positivos e negativos (YUSOFF *et al.*, 2011; IBER e KASAN, 2021).

Na tentativa de diminuir os impactos negativos, novas tecnologias vêm sendo empregadas nos sistemas de produção, com destaque para o uso de microrganismos, principalmente bactérias, devido à sua eficácia ecológica e viabilidade econômica (RIBEIRO, 2013). Essa estratégia é chamada de biorremediação, onde ocorre a transformação de resíduos perigosos a níveis que atendam aos padrões ambientais de segurança. A biorremediação desempenha um papel crucial na redução dos compostos tóxicos gerados pelos peixes, ao utilizar processos naturais para converter contaminantes em formas inofensivas, promovendo um ambiente sustentável para a aquicultura (MUELLER et al., 1996; VIDALI, 2001; ABATENH et al., 2017).

Na prática, a biorremediação pode ser classificada em: *in situ* e *ex situ*. A biorremediação *in situ* é caracterizada pela remediação dos contaminantes diretamente no local onde ocorre a contaminação. Nesse método, os microrganismos são introduzidos no ambiente contaminado, possibilitando a interação e degradação dos poluentes *in loco* (AZUBUIKE et al., 2016). Já a biorremediação *ex situ* envolve a remoção dos contaminantes para serem tratados fora do local contaminado. Esse processo inclui a remoção dos poluentes da água e seu subsequente tratamento em tanques ou biorreatores (SHIVALKAR et al., 2020). As principais distinções entre os dois métodos estão relacionadas ao local de tratamento e à complexidade da implementação. Em virtude de suas peculiaridades, a biorremediação *in situ* é geralmente a mais adequada para a piscicultura (LOPES, 2021).

As diferentes bactérias utilizadas no processo de biorremediação possuem particularidades em relação a fonte de carbono utilizada para produção de energia (BRIM et al., 2003). Os microrganismos autotróficos são capazes de sintetizar compostos inorgânicos a partir de reações químicas, como por exemplo as *Nitrosomonas* spp., pertencente ao grupo das bactérias nitrificantes que possuem a capacidade de oxidar amônia (NH_3) em nitrito (NO_2^-). Outro gênero importante é *Nitrobacter* spp., também classificada como uma bactéria nitrificante, desempenha a segunda etapa do processo de nitrificação, oxidando o nitrito produzido pela *Nitrosomonas* spp. em nitrato (NO_3^-), forma menos prejudicial aos peixes (ANTONY e PHILIP, 2006; SONIA et al., 2015; MUSYOKA, 2016).

Outros microrganismos utilizam substâncias orgânicas como fonte de energia e carbono para suas atividades metabólicas. Essas bactérias são classificadas como

heterotróficas e possuem capacidade de degradar compostos orgânicos presentes no ambiente aquático (EBELING *et al.*, 2006; SHIVALKAR *et al.*, 2021). Um exemplo de bactéria utilizada na biorremediação de substâncias orgânicas na piscicultura é o gênero *Bacillus* (SOLTANI *et al.*, 2019). Essas bactérias são amplamente conhecidas por sua capacidade de degradar uma variedade de compostos orgânicos, como proteínas, lipídios e carboidratos, reduzindo a carga de matéria orgânica presente na água (SHIVALKAR *et al.*, 2021).

As bactérias ácido lácticas, como o gênero *Lactobacillus* spp., também desempenham um papel significativo na biorremediação na piscicultura. Essas bactérias têm a capacidade de fermentar carboidratos presentes nos resíduos orgânicos, produzindo ácido lático como subproduto (VERSCHUERRE *et al.*, 2000; ANTONY; PHILIP, 2006). O ácido lático reduz o pH do ambiente, criando um ambiente desfavorável para o crescimento de bactérias patogênicas, contribuindo para o controle de doenças e a manutenção da qualidade da água (RINGO *et al.*, 2020; JAMES *et al.*, 2021).

O uso de microrganismos, especialmente bactérias, tem se mostrado uma abordagem promissora para a remediação de ambientes aquáticos na piscicultura. Uma combinação de *Bacillus subtilis*, *Nitrosomonas* spp., *Nitrobacter* spp. e *Rhodobacter* spp. foi investigado por Sonia *et al.* (2015) no tratamento de águas residuais provenientes da aquicultura. O estudo mostrou eficiência na redução dos níveis de amônia, nitrito e nitrato, que resultou em uma melhora significativa na qualidade da água e um aumento na taxa de sobrevivência na criação de carpas Koi (*Cyprinus rubrofasciatus*).

Em outro estudo realizado por Flores-Valenzuela *et al.* (2021), foi investigado o efeito de um consórcio bacteriano composto por *Lactobacillus rhamnosus* adicionado à dieta e a aplicação direta de *Nitrosococcus* spp. e *Nitrococcus* spp. na água em um sistema de produção de camarões em bioflocos. Os resultados obtidos demonstraram melhorias significativas no desempenho produtivo e composição centesimal dos camarões. Além disso, verificou-se uma melhoria na qualidade da água do sistema e um aumento na presença de bactérias benéficas.

Bactérias *Lactobacillus plantarum* e *Bacillus subtilis* foram incluídas na dieta de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), promovendo uma modulação no perfil da microbiota intestinal dos peixes, além de resultar em um aumento significativo na produção de amilase (GUIMARÃES *et al.*, 2021). Além dos consórcios bacterianos,

também são encontrados consórcios entre fungos e bactérias. Iwashita *et al.* (2015) realizaram um estudo com o objetivo de investigar os efeitos da administração de *Bacillus subtilis*, *Aspergillus oryzae* e *Saccharomyces cerevisiae* em dietas de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*). Foram encontrados resultados positivos na conversão alimentar e um aumento na resposta imune dos peixes.

3.3 Probióticos

Com o rápido aumento da população e a crescente busca por alimentos proteicos de melhor qualidade, a aquicultura é uma das atividades agropecuárias que mais se desenvolve no Brasil, tendo como destaque a produção de peixes. Essa realidade ocasiona a intensificação dos sistemas produtivos, acarretando no aumento nas densidades de estocagem, mudanças no equilíbrio ambiental e o surgimento de doenças, prejudicando a taxa de produção, qualidade da carne e da água (EL-SAADONY *et al.*, 2021). Sendo assim, boas práticas de manejo e ações preventivas, como o uso de aditivos, são estratégias cada vez mais utilizadas pelos piscicultores, na tentativa de superar ou amenizar tais problemas (SOLIMAN *et al.*, 2019).

Atualmente, o uso de antibióticos prevalece nas produções de peixes devido a sua rápida ação e disponibilidade. No entanto, tal medicamento é prejudicial para bactérias benéficas da flora intestinal e, além de diminuir a qualidade da água do sistema, é altamente prejudicial ao ambiente (BANERJEE; RAY, 2017). Dessa forma, novos aditivos estão sendo testados nas pisciculturas, destacando-se os equilibradores da microbiota intestinal, como os probióticos, prebióticos e os acidificantes.

Probióticos são microrganismos vivos (bactérias, leveduras e fungos) que proporcionam efeitos benéficos ao desempenho e saúde intestinal do hospedeiro, quando administrados em quantidades adequadas na dieta ou na água (FULLER, 1989; HAVENAAR *et al.*, 1992). Os diferentes microrganismos utilizados têm como principal função a eliminação de agentes patogênicos, produzindo substâncias inibidoras e competindo por sítios de ligação e substratos no trato intestinal, acarretando melhorias na digestão e absorção dos nutrientes, além da modulação da resposta imune do hospedeiro (FULLER, 1989; BALCÁZAR *et al.*, 2006). Ao longo dos anos, os probióticos têm sido classificados como agentes biorremediadores e

biocontroladores na piscicultura, desempenhando papéis importantes no ambiente de criação (MOURIÑO *et al.*, 2012).

Diversos microorganismos têm sido explorados como probióticos na aquicultura. Bactérias dos gêneros *Bacillus* spp., *Lactobacillus* spp., e *Streptococcus* spp., e leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, têm sido amplamente estudados e têm demonstrado resultados favoráveis a produção (BALCÁZAR *et al.*, 2006; MARTÍNEZ CRUZ *et al.*, 2012; KUEBUTORNYE *et al.*, 2019; EL-SAADONY *et al.*, 2021). Cada espécie e gênero de microrganismo probiótico apresenta características específicas em relação à produção de compostos antimicrobianos, competição com patógenos, capacidade de adesão ao epitélio intestinal e modulação do sistema imunológico (SAAD, 2006).

Diversos estudos envolvendo microrganismos com potencial probiótico tem fornecido informações importantes para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo e nutrição na piscicultura, visando a sustentabilidade e o aumento da produtividade. Um estudo conduzido por Owatari *et al.* (2022) demonstrou aumento significativo no crescimento e maior rendimento do filé de tilápias-do-Nilo (*O. niloticus*) suplementadas com *Saccharomyces cerevisiae*. Em camarões brancos (*Penaeus vannamei*), o uso do *Lactobacillus plantarum* como potencial probiótico resultou em modulação positiva da microbiota intestinal (ZHENG *et al.*, 2020).

Em um estudo realizado por Dias (2021), um consórcio de bactérias composto por *Enterococcus faecium* e *Bacillus cereus* foi utilizado em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*). Os resultados mostraram um aumento significativo no desempenho produtivo, incluindo ganho de peso, bem como uma modulação intestinal positiva, observando ausência de cepas patogênicas nos animais suplementados.

Em conclusão, os diferentes microrganismos utilizados como probióticos têm mostrado um grande potencial na aquicultura como uma estratégia promissora para melhorar o desempenho produtivo, a saúde e o bem-estar dos organismos aquáticos.

3.4 Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

A tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) é um peixe de água doce pertencente à família Cichlidae (LINNAEUS, 1758; EL-SAYED, 2006). De origem africana, foi introduzida na América do Sul no período de 1960 e 1970, chegando no Brasil em 1971 (EL-

SAYED *et al.*, 2023). A tilápia tem se estabelecido como uma das principais espécies de peixes produzidas em nível mundial, ganhando cada vez mais destaque no mercado (FAO, 2022). No Brasil é a espécie mais produzida, chegando em 550.060 toneladas produzidas em 2022, o que posiciona o país em 4º colocado no ranking mundial de produção da espécie (PEIXE BR, 2023).

Destacando-se entre os peixes mais produzidos em nível global, a tilápia possui hábito alimentar onívoro, apresentando rápida aceitação e adaptabilidade na digestão de dietas comerciais (VICENTE; FONSECA-ALVES, 2014). Além de desempenhar grande capacidade de reprodução, ganho de peso e crescimento, possui boa resistência e exibe alta tolerância aos manejos (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004; WANG; LU, 2016). Essas características tornam a tilápia a escolha ideal para pequenos e grandes produtores, uma vez que a espécie é apta para desenvolvimento em diferentes ambientes e sistemas de produção (PRABU *et al.*, 2019; VALENTI *et al.*, 2021).

A tilápia possui carne branca e é caracterizada por não possuir espinhos em forma de “Y” na sua musculatura, o que a torna uma espécie com filé adequado para a indústria (HILSDORF, 1995). Sua carne é reconhecida pelo excelente sabor e qualidade, possuindo alto valor proteico e baixo teor de gordura, o que contribui para uma boa aceitação pelos consumidores (SOUZA, 2002; BARROSO; PINCINATO; MUNOZ, 2017).

Neste sentido, a tilápia-do-Nilo é um peixe que merece maior atenção e estudos. Suas características, vantagens e popularidade na indústria aquícola, são indicadores de seu valor como modelo biológico do presente experimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Instalações e Condições Experimentais

O estudo foi conduzido de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotados pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA, sob o Protocolo 04/2023 da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da UNESP – Câmpus de Dracena.

O experimento foi realizado no setor de Aquicultura da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas da Unesp (FCAT-Unesp), campus de Dracena e ocorreu no período entre os meses de abril a julho de 2023, com duração de 86 dias. De acordo

com a Estação Agroclimatológica da Unesp Dracena, no período em que o experimento foi conduzido a temperatura ambiente máxima foi 32,6°C e a temperatura mínima foi 10,4°C.

Foram utilizadas 24 caixas circulares de polietileno de 1.000 L, dispostas em ambiente externo, num sistema aberto de circulação de água com fluxo de água constante, com uma taxa de renovação diária de 10% (100 L/dia). As caixas foram cobertas com tela sombrite para proteção contra predadores e equipadas com aeradores elétricos acoplados a canos de PVC e mangueiras porosas individuais, garantindo uma adequada concentração de oxigênio dissolvido na água (Figura 1).

Figura1 . Sistema experimental com 24 caixas de 1000 L com entrada e saída de água individual e aerador acoplado a tubos de PVC, utilizadas para condução do experimento.



Fonte: Dados do próprio autor.

Os peixes foram fornecidos pela Piscicultura Aquabel Ltda, localizada no município de Ilha Solteira - SP e transportados até o setor de Aquicultura da FCAT-Unesp. Foram utilizados 960 juvenis de tilápia-do-Nilo, revertidos sexualmente, com peso médio inicial de 30 g, distribuídos na densidade de 40 peixes/caixa. Os peixes foram submetidos a um período de aclimação de 15 dias e alimentados com ração comercial indicada para a espécie, contendo 32% PB e granulometria de 4 mm (Cardume 32, Rações Comigo, Rio Verde, GO, Brasil), três vezes ao dia (10h30,

14h00 e 17h30) com a taxa de arraçoamento de 3% do total da biomassa. A ração comercial foi a mesma durante todo o experimento e apresentou os seguintes níveis de garantia: 11% (max) de umidade; 32% (mín) de proteína bruta, 6% (mín) de extrato etéreo; 7% (máx) de fibra bruta; 14% (max) de matéria mineral; 0,5% (mín) e 11% (máx) de cálcio; 0,5% (mín) de fósforo.

4.2 Delineamento Experimental

O experimento foi conduzido em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 4 repetições por tratamento. Cada tratamento correspondeu a uma porcentagem de inclusão do biorremediador, calculada de acordo com a quantidade de ração ofertada na semana (baseada na taxa de arraçoamento) encontrada na biometria inicial e corrigida na biometria de 30 dias. A quantidade calculada foi dividida em duas aplicações por semana. Desta forma, os tratamentos foram:

- **T1**- Grupo controle, sem aplicação do produto;
- **T2**- Aplicação do produto correspondente a 0,5% da quantidade de ração semanal;
- **T3**- Aplicação do produto correspondente a 1% da quantidade de ração semanal;
- **T4**- Aplicação do produto correspondente a 2% da quantidade de ração semanal;
- **T5**- Aplicação do produto correspondente a 3% da quantidade de ração semanal;
- **T6**- Aplicação do produto correspondente a 4% da quantidade de ração semanal.

O Embiotic Line - Biorremediador HDM é um produto formado por melaço de cana-de-açúcar (10% v/v) e microrganismos (*Lactobacillus plantarum* - 10^4 UFC/mL e *Saccharomyces cerevisiae* - 10^3 UFC/mL) desenvolvido pela Korin Agricultura e Meio Ambiente. Com o objetivo de acelerar o crescimento desses microrganismos o Embiotic foi misturado com outro produto comercial (Hibana, Korin Agricultura e Meio Ambiente) composto por frutoologosacarídeos (FOS) e mananoligossacarídeos (MOS) na proporção de 150 g do Hibana, para 1 L do Embiotic e 9 L de água não clorada (1:10).

Para estimular a ativação e desenvolvimento dos microrganismos, em um recipiente plástico, os produtos foram combinados e homogeneizados seguindo as recomendações do fabricante e fechado não hermeticamente por um período de 72 horas. Foi considerado 1 g de ração para 1 mL do Embiotic puro, e multiplicado por

10 para saber a quantidade de produto ativado a ser utilizado. A quantidade encontrada foi aplicada duas vezes por semana diretamente na água dos tratamentos correspondentes.

4.3 Quantidade de Ração e Embiotic

Após período de aclimação, os peixes em jejum de 24 horas foram submetidos a biometria inicial, onde foram anestesiados com solução de benzocaína (100 mg/L), pesados em balança semi analítica e medidos individualmente em ictiometro, obtendo as variáveis de peso médio inicial (g), comprimento inicial (cm) e biomassa inicial (g), que permitiu o cálculo do fornecimento de ração e da quantidade de aplicação do biorremediador para os primeiros 30 dias de experimento (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente.

Tratamento	Ração / semana	Qtd. Embiotic / semana	Qtd. Embiotic / aplicação
1	249,78	0,00	0,00
2	250,15	12,51	6,26
3	251,65	25,17	12,59
4	249,14	49,83	24,92
5	253,79	76,14	38,10
6	250,54	100,21	50,11

Fonte: Elaborado pelo autor.

Aos 30 dias de experimento foi realizada nova biometria, sendo os peixes submetidos ao mesmo processo descrito anteriormente. Sendo assim, foram obtidos os dados de peso médio de 30 dias (g), comprimento médio 30 dias (g) e biomassa de 30 dias (g), que possibilitou calcular a nova quantidade de ração e quantidade do produto a ser aplicado até o final do experimento (Tabela 2).

Tabela 2. Quantidade de ração (g) e Embiotic ativado (mL) fornecidos semanalmente após biometria de 30 dias

Tratamento	Ração / semana	Qtd. Embiotic / semana	Qtd. Embiotic / aplicação
1	376,40	0,00	0,00
2	376,20	18,81	9,40
3	386,22	38,62	19,31
4	319,01	63,80	31,90
5	380,22	114,10	57,10
6	382,40	152,96	76,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Variáveis Avaliadas

4.4.1 Avaliação do desempenho produtivo

Aos 86 dias de experimento os peixes foram submetidos a biometria final, sendo anestesiados com solução de benzocaína (100 mg/L), pesados em balança semi analítica e medidos individualmente. A partir dos dados coletados durante as biometrias foram determinadas as variáveis de desempenho produtivo:

- Peso final (PF);
- Ganho de peso (GP):

$GP (g) = (\text{peso médio final} - \text{peso médio inicial});$

- Taxa de crescimento específico (TCE):

$TCE (\%/dia) = 100 * [(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial}) / \text{período experimental}];$

- Consumo de alimento (g):

Quantidade de alimento ingerido durante todo experimento

- Conversão alimentar aparente (CA):

$CA = \text{alimento fornecido} / \text{ganho de peso total}.$

4.4.2 Parâmetros físico-químicos da água

Diariamente, foram aferidos em todas as caixas no período da manhã (8h00), a temperatura e concentração de oxigênio dissolvido (YSI – ProODO, Optical Dissolved Oxygen Instrument), condutividade elétrica e sólidos dissolvidos totais (HI98192 Hanna Instruments). Para monitorar o pH, amostras de água foram coletadas em coletores universais correspondentes a cada caixa, levadas ao

Laboratório de Nutrição e Metabolismo Animal (LANUMA) da FCAT-Unesp e aferidas em pHmetro de bancada (GEHAKA – PG2000). A transparência da água foi mensurada diariamente no período da manhã (11h00) com o Disco de Secchi, disco circular preto e branco de plástico com 30 cm de diâmetro preso à uma fita com graduação a cada 0,5 cm para aferir a profundidade visível e o resultado expresso em cm.

No dia da biometria final, no mesmo período (8h00) foram realizadas coletas de amostra de água das caixas para avaliação dos níveis de amônia (NH_3) (valores do presente experimento não detectáveis) e nitrito (NO_2^-). Para quantificar o teor de amônia total presente na água, as análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita por Koroleff (1976), que utiliza espectrofotômetro de absorção visível e realiza a leitura em densidade ótica de 630 nm. A quantificação do teor de nitrito foi mensurada segundo o método colorimétrico proposto por Golterman (1978) e a leitura realizada em absorbância de 543 nm. Os resultados para os parâmetros mencionados foram expressos em microgramas por litro ($\mu\text{g/L}$).

Aos 86 dias de experimento foram coletadas amostra de água de todas as caixas para realização da análise de demanda bioquímica de oxigênio (DBO). As amostras foram preparadas em frascos específicos, e em seguida encaminhadas para incubação por 5 dias à 20°C na ausência de luz. O ensaio para a determinação do DBO foi realizado seguindo a metodologia recomendada pelo APHA 1992 (Standard Methods) com adaptações. Na primeira amostra (DBO inicial) foi adicionado KI, MnSO_4 , H_2O (fixadores de oxigênio), ácido sulfúrico, amido (indicador) e em seguida realizado a medição de oxigênio dissolvido (YSI – ProODO, Optical Dissolved Oxygen Instrument). Na outra amostra (DBO5) foi adicionada água de diluição e incubada durante 5 dias a uma temperatura constante de 20°C. Após o tempo de incubação, novamente foi realizada a medição de oxigênio dissolvido utilizada para determinação da DBO inicial. O resultado da DBO para cada ponto foi definido pela diferença entre a DBO final e DBO inicial.

4.5 Análises estatísticas

Os dados foram verificados quanto à normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (teste de Bartlett) das variâncias. Posteriormente, os resultados foram analisados usando ANOVA de uma via (One-way), seguido pelo teste de Tukey para identificar diferenças entre as médias. Os efeitos dos tratamentos foram

considerados significativos ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas por meio do pacote ExpDes.pt (Ferreira *et al.*, 2018) no software R® versão 3.5.1 (R Core Team, 2022).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desempenho produtivo

Os diferentes níveis de aplicação do biorremediador não interferiram no ganho de peso, taxa de crescimento, consumo total e conversão alimentar dos juvenis de tilápia-do-Nilo. Apesar de ter ocorrido uma mortalidade de 21,6% durante o período experimental, a sobrevivência dos juvenis de tilápia também não diferiu entre os tratamentos ($p>0,05$). As médias obtidas foram semelhantes em todos os grupos e os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P de desempenho produtivo dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	1	2	3	4	5	6		
PF (g)	77,5 ± 4,70	78,1 ± 2,94	79,8 ± 2,49	76,4 ± 2,72	78,7 ± 2,96	80,2 ± 1,37	2,904	0,398
GP (g)	47,6 ± 0,46	51,7 ± 4,13	49,9 ± 2,25	46,9 ± 2,54	48,4 ± 2,54	50,4 ± 0,94	3,218	0,941
TCE (%)	1,1 ± 0,07	1,1 ± 0,01	1,1 ± 0,03	1,1 ± 0,04	1,1 ± 0,04	1,1 ± 0,01	0,036	0,343
CRT/P (g)	75,9 ± 3,23	81,0 ± 4,72	78,9 ± 0,31	77,6 ± 2,09	82,6 ± 2,85	75,9 ± 1,52	3,213	0,247
CA	1,5 ± 0,22	1,6 ± 0,08	1,6 ± 0,06	1,7 ± 0,12	1,8 ± 0,07	1,6 ± 0,04	0,128	0,058
MORT	0,1 ± 0,11	0,1 ± 0,03	0,0 ± 0,01	0,1 ± 0,05	0,3 ± 0,05	0,0 ± 0,09	0,097	0,8714

PF = Peso final; GP = Ganho de peso; TCE = Taxa de crescimento específico; CRT/P = Consumo de ração total por peixe; CA = Conversão alimentar. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

A utilização de microrganismos como melhoradores de desempenho produtivo na criação de peixes tem ganhado destaque como uma estratégia promissora para melhorar a produtividade e a imunidade dos animais nos sistemas aquícolas. A presença de microrganismos benéficos pode influenciar positivamente o desenvolvimento dos peixes, otimizando o ganho de peso, conversão alimentar e taxa de sobrevivência desses organismos aquáticos (KUEBUTORNYE *et al.*, 2019; DIAS, 2021; EL-SAADONY *et al.*, 2021).

As espécies de bactérias do gênero *Bacillus spp.* e *Lactobacillus spp.*, têm sido amplamente estudadas e encontradas em diversos produtos comerciais como probióticos na aquicultura. Essas bactérias têm mostrado potencial em promover o crescimento e a sobrevivência de seu hospedeiro, além de desempenharem um papel importante como biorremediadores, contribuindo para a melhoria das condições ambientais nos sistemas aquícolas (MOURIÑO *et al.*, 2012; EL-KADY *et al.*, 2022).

Até o momento, a maioria das pesquisas sobre os efeitos dos microrganismos probióticos na aquicultura têm focado seu uso como aditivos dietético. Entretanto, os possíveis efeitos benéficos da administração desses microrganismos diretamente na água têm recebido pouca atenção (JAHANGIRI; ESTEBAN, 2018). No presente estudo, a utilização de diferentes dosagens do produto comercial composto por *Lactobacillus plantarum* (10^4 UFC/mL) e *Saccharomyces cerevisiae* (10^3 UFC/mL) fornecidos diretamente na água não demonstrou melhorias em comparação com o grupo controle nos índices de desempenho zootécnico dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*).

Resultados obtidos por Oshiro (2022), revelaram que o uso do mesmo produto comercial (*Lactobacillus plantarum* - 10^4 UFC/mL e *Saccharomyces cerevisiae* - 10^3 UFC/mL) demonstrou impacto significativo no desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo. A autora conduziu o experimento em tanques de 2 m³, adotando uma abordagem tripla para a aplicação do produto: diretamente na água (duas aplicações por semana), incorporando-o à dieta dos peixes e um tratamento combinando a aplicação do produto diretamente na água + adicionado a dieta. O tratamento que consistiu na aplicação do produto diretamente na água (100 mL/m³), duas vezes por semana, demonstrou resultados promissores. Os animais submetidos a esse tratamento apresentaram maiores valores de peso final (PF) em comparação com

os demais tratamentos, consequentemente, os peixes desse grupo apresentaram maior ganho de peso (GP) ao final do período experimental.

Outro estudo realizado por El-Kady *et al.* (2022) investigou os impactos da aplicação de três produtos probióticos comerciais diretamente na água de viveiros de criação de tilápia-do-Nilo. Os resultados revelaram que a aplicação dos probióticos como aditivos na água dos viveiros de tilápias promoveu melhorias ($p < 0,05$) no desempenho de crescimento e na biomassa dos peixes, quando comparados ao grupo controle. Entre os diferentes tratamentos, o grupo que utilizou o produto composto por *Rhodopseudomonas spp.*, *Lactobacillus spp.* e *Saccharomyces spp.* demonstrou os melhores resultados.

Resultados similares ao presente estudo foram encontrados por Feitosa (2018), no qual os parâmetros de desempenho para ganho de peso, crescimento específico, consumo de ração, conversão alimentar e sobrevivência de tilápia-do-Nilo não sofreram influência das doses crescentes de um produto composto por *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. cereus* e *Lactococcus lactis* aplicado semanalmente na água. Em um outro trabalho também não foi observado melhores resultados dos tratamentos em comparação com o grupo controle no peso final, taxa de crescimento específico, conversão alimentar e sobrevivência de tilápia-do-Nilo suplementadas por diferentes quantidades de *Saccharomyces cerevisiae* na dieta (OWATARI *et al.*, 2022).

Fonseca (2019) avaliou os efeitos de um probiótico em duas formas distintas (na ração e na água) sobre o desempenho zootécnico, de juvenis de tilápia-do-Nilo, mantida em condições de baixas temperaturas. Para isso, foi utilizado três tratamentos durante o experimento: tratamento controle, adição de probiótico na água e adição de probiótico na dieta. O aditivo probiótico em pó utilizado continha um complexo de bactérias (*B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. cereus* e *L. lactis*) em uma concentração de $1,25 \times 10^8$ UFC/g. A temperatura da água apresentou variações ao longo do experimento, sendo mensurada pela manhã e tarde, com valores médios de $19,6 \pm 0,8$ °C e $21,3 \pm 1,5$ °C, respectivamente. Os probióticos aplicados na água e na ração não demonstraram influência no desempenho produtivo dos peixes em condições de baixas temperaturas e o autor destacou que a condução do experimento enfrentou desafios decorrentes dos efeitos da baixa temperatura, que aumentou o estresse dos peixes e limitou o consumo de ração.

Neste sentido, a eficiência dos microrganismos aplicados na água podem ser influenciados por uma série de fatores, tais como os parâmetros físico-químicos da água, fonte e tempo de inoculação dos microrganismos e idade dos peixes. Além disso, o protocolo de utilização, dosagem do produto e duração do tratamento (tempo de contato), são fatores importantes que regulam os benefícios dos microrganismos probióticos na água (JAHANGIRI; ESTEBAN, 2018). É importante destacar que a composição de microrganismos pode variar entre as diferentes formulações comerciais ou método de produção desses probióticos. Essas variações podem resultar em efeitos distintos no desempenho produtivo dos peixes.

A temperatura da água influencia diretamente a taxa metabólica dos peixes, afetando o crescimento, ganho de peso e conversão alimentar. Temperaturas elevadas podem acelerar o metabolismo dos peixes, aumentando suas necessidades de oxigênio e energia. Por outro lado, temperaturas baixas podem reduzir a taxa metabólica, diminuindo o crescimento e a eficiência alimentar dos peixes (BALDISSEROTTO, 2002; MORO *et al.*, 2013).

Para tilápias em fase de crescimento, a faixa ideal de temperatura varia de 26 a 30°C. Temperaturas acima desse intervalo podem levar ao estresse térmico e reduzir o crescimento dos peixes, enquanto temperaturas abaixo podem retardar o crescimento e aumentar a suscetibilidade a doenças, ocasionando mortalidades (FURUYA *et al.*, 2000; KUBITZA *et al.*, 2000; NOBREGA *et al.*, 2020). A temperatura média entre os tratamentos da água do presente estudo apresentou-se abaixo (20,5°C) do recomendado para a espécie durante o período experimental, devido a época do ano (outono/inverno), podendo ter influenciado diretamente nos resultados de desempenho produtivo.

Em temperaturas mais baixas, a atividade metabólica, taxa de crescimento e reprodução dos microrganismos também podem ser reduzidas. Isso pode levar a uma menor capacidade desses agentes benéficos de colonizar o intestino dos peixes e exercer seus benefícios. Além disso, a digestão e absorção dos alimentos e probióticos pelos peixes são afetados negativamente em águas frias (JAHANGIRI; ESTEBAN, 2018; FONSECA, 2019).

5.2 Parâmetros de qualidade de água

Os diferentes níveis de aplicação do biorremediador não interferiram nos parâmetros de qualidade de água durante o período experimental. Os valores encontrados estão na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios, desvio padrão, erro padrão e valores de P dos parâmetros físico-químico da água dos juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Variáveis	Tratamentos						EPM	P valor
	1	2	3	4	5	6		
Temp (°C)	20,5 ± 0,00	20,5 ± 0,02	20,6 ± 0,04	20,5 ± 0,06	20,5 ± 0,09	20,4 ± 0,18	0,086	0,333
OD (mg/L)	9,0 ± 0,05	9,0 ± 0,13	8,9 ± 0,09	8,9 ± 0,08	8,9 ± 0,03	9,0 ± 0,07	0,091	0,448
pH	7,9 ± 0,03	7,9 ± 0,04	7,9 ± 0,01	7,9 ± 0,04	7,9 ± 0,03	7,9 ± 0,001	0,031	0,389
EC (µS/cm)	277,5 ± 2,97	274,6 ± 0,48	280,9 ± 5,05	275,6 ± 2,05	274,8 ± 1,53	279,9 ± 2,42	3,542	0,679
SDT (ppm)	138,8 ± 1,52	137,3 ± 0,25	141,1 ± 2,64	138,2 ± 0,27	138,3 ± 1,14	140,6 ± 1,82	1,887	0,318
TRA (cm)	45,0 ± 3,69	37,1 ± 2,33	40,1 ± 1,47	41,6 ± 6,51	40,1 ± 3,68	39,4 ± 2,98	4,048	0,382
DBO (mg/L)	18,3 ± 1,82	20,4 ± 0,49	19,4 ± 0,23	17,9 ± 3,35	19,2 ± 1,25	19,5 ± 1,43	1,753	0,912
AMO (µg/L)	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00	-	-
NIT (µg/L)	42,0 ± 15,50	38,3 ± 13,51	56,9 ± 17,76	52,2 ± 10,04	56,6 ± 5,19	37,2 ± 15,20	14,561	0,718

Temp= Temperatura; OD = Oxigênio dissolvido; pH = Potencial hidrogênio; EC = Condutividade elétrica; SDT = Sólidos dissolvidos totais; TRA = Transparência; DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio; AMO = Amônia; NIT = Nitrito. Letras distintas nas linhas indicam diferença significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os parâmetros físico-químicos da água podem influenciar diretamente o desempenho dos peixes e dos microrganismos benéficos presente nos sistemas aquícolas. O constante aumento da aquicultura tem levantado preocupações com a deterioração da qualidade da água e aumento significativo dos teores de compostos nitrogenados como amônia e nitrito. Esses compostos são produtos do metabolismo dos peixes e restos de rações, e podem se acumular em concentrações prejudiciais ao ambiente aquático, afetando negativamente a saúde e crescimento dos peixes (ZHU *et al.*, 2019; JOHN *et al.*, 2020; CAMPANATI *et al.*, 2022).

Para mitigar esses problemas e promover a biorremediação na aquicultura, têm sido utilizados microrganismos benéficos específicos. Esses microrganismos, como as bactérias nitrificantes por exemplo, têm a capacidade de transformar compostos nitrogenados tóxicos em formas menos prejudiciais para os peixes, como a conversão de amônia em nitrito e posteriormente nitrato. Além disso, microrganismos biorremediadores também podem ser utilizados para degradar outros poluentes orgânicos presente na água (PEREIRA; MERCANTE, 2005; ABATENH *et al.*, 2017).

Durante o experimento, os níveis de oxigênio dissolvido (OD) foram mantidos dentro dos parâmetros ideais para a tilápia-do-Nilo. O oxigênio dissolvido é um indicador da capacidade da água em fornecer oxigênio em quantidade suficiente para atender às demandas respiratórias dos organismos aquáticos. Manter níveis adequados deste parâmetro é fundamental para promover o crescimento ideal, otimizar a eficiência alimentar e garantir a sobrevivência dos peixes (KUBITZA, 1998; KUBITZA, 2003; KUBITZA, 2017).

O pH é determinado pela concentração de íons de hidrogênio (H^+) presentes na solução. Quanto maior a concentração de H^+ , mais ácida será a solução, e quanto menor a concentração de H^+ , mais alcalina será a solução. A escala de pH varia de 0 a 14, onde valores abaixo de 7 indicam acidez, enquanto valores acima de 7 indicam alcalinidade. Na piscicultura, é essencial manter um pH adequado para garantir o bem-estar e o desempenho dos peixes, sendo a faixa ideal entre 6,5 e 8,0 (KUBITZA, 2003; MORO *et al.*, 2013). O pH esteve nas faixas recomendadas para a piscicultura.

A condutividade elétrica (EC) indica a capacidade da água de conduzir corrente elétrica devido à presença de íons dissolvidos, enquanto os sólidos

dissolvidos totais (SDT) representam a quantidade total de sólidos dissolvidos presentes na água. Em geral, para a produção de peixes, recomenda-se uma faixa de EC entre 100 e 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e SDT entre 100 e 500 mg/L (BOYD; TUCKER, 1998; CONAMA, 2005; SÁ, 2012).

A transparência da água é um parâmetro fundamental na piscicultura, pois reflete a quantidade de partículas em suspensão, substâncias dissolvidas e a presença de organismos microscópicos (plâncton, fitoplâncton e zooplâncton). Este parâmetro é influenciado por fatores como turbidez, presença de algas, matéria orgânica e concentração de nutrientes. Para um ambiente ideal de criação, é recomendado manter a transparência da água em uma faixa adequada, geralmente entre 40 e 60 centímetros de profundidade de visibilidade (BOYD; TUCKER, 1998; KUBITZA, 1998; WILLIAMSON *et al.*, 2011).

A amônia e o nitrito são compostos nitrogenados produzidos do metabolismo dos peixes, bem como de restos de alimentos e dejetos, e sua acumulação em níveis inadequados pode ter impactos negativos significativos nos sistemas aquícolas. A amônia é um dos principais produtos excretados pelos peixes através da sua respiração e da degradação de proteínas. Altas concentrações de amônia podem ser tóxicas aos peixes, causando danos às brânquias, afetando o equilíbrio eletrolítico e prejudicando a função metabólica (MARTINEZ *et al.*, 2006; DE ARAÚJO *et al.*, 2021). O nitrito, por sua vez, é formado a partir da oxidação da amônia por bactérias nitrificantes no processo de nitrificação. Em concentrações elevadas, o nitrito pode ser altamente tóxico para os peixes, inibindo a capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue e causando toxicidade por nitrito (SONIA *et al.*, 2015; MUSYOKA, 2016). As análises desses parâmetros no presente estudo mostraram baixas concentrações ao final do período experimental.

A DBO representa a quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos durante a decomposição da matéria orgânica presente na água. Esse processo de degradação pode ser realizado por bactérias aeróbicas, que consomem oxigênio para metabolizar a matéria orgânica, reduzindo assim a quantidade de oxigênio disponível para os peixes. Altos índices de DBO podem ser indicativos de uma grande quantidade de matéria orgânica em decomposição na água. Isso pode ocorrer devido à presença de resíduos de ração não consumida, fezes dos peixes e outros detritos orgânicos (VON SPERLING, 1996; SONIA *et al.*, 2015; RATH, 2018).

Neste sentido, qualidade da água é um fator crucial na produção de peixes em sistemas intensivos, uma vez que influencia diretamente a saúde e o bem-estar dos animais, bem como o desempenho produtivo (MARINHO-SORIANO *et al.*, 2011). A presença de contaminantes, como matéria orgânica, amônia e nitrito, pode ser prejudicial aos peixes e impactar negativamente o ambiente aquático. Nesse contexto, os biorremediadores, como microrganismos benéficos, desempenham um papel fundamental na melhoria da qualidade da água. Esses microrganismos têm a capacidade de degradar e metabolizar poluentes como matéria orgânica, auxiliando na remoção de substâncias tóxicas, promovendo uma maior estabilidade do ambiente aquático e contribuindo para a sustentabilidade da produção aquícola (MUELLER *et al.*, 1996; VIDALI, 2001; ABATENH *et al.*, 2017).

Após a análise estatística dos dados, constatou-se que não houve diferenças ($p > 0,05$) em nenhum dos parâmetros físico-químicos analisados, mostrando que a utilização de diferentes dosagens do produto comercial composto por *L. plantarum* (10^4 UFC/mL) e *S. cerevisiae* (10^3 UFC/mL) fornecidos diretamente na água não demonstrou melhorias em comparação com o grupo controle nos parâmetros de qualidade de água avaliados nas condições experimentais deste experimento.

No trabalho já descrito anteriormente, realizado por Oshiro (2022) utilizando o mesmo produto comercial (*L. plantarum* - 10^4 UFC/mL e *S. cerevisiae* - 10^3 UFC/mL) foi observada melhora nas condições de qualidade da água, quando comparadas com o grupo controle. Os dados da DBO e da transparência confirmaram a hipótese de que a biorremediação atua diminuindo a matéria orgânica, visto que no tratamento no qual foi aplicado o produto diretamente na água (100 mL/m^3), duas vezes por semana, foram observados os melhores resultados.

Outro estudo utilizando um inóculo composto por *B. subtilis* e *B. licheniformis* em tanques de criação em policultivo de tilápia-do-Nilo e camarão, foram observados resultados positivos ($p < 0,05$) na remoção da carga orgânica dos tratamentos em relação ao tratamento controle (DE OLIVEIRA *et al.*, 2023).

A biorremediação de águas residuais da aquicultura foi estudado por John *et al.* (2020), utilizando um consórcio bacteriano composto por *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens* e *Pseudomonas stutzeri*. Não foram encontrados resultados significativos nos parâmetros de qualidade de água, porém dando maior atenção aos compostos nitrogenados (amônia e nitrito), o composto manteve os níveis abaixo

dos níveis de toxicidade em águas de criação de tilápia-do-Moçambique (*O. mossambicus*).

Como descrito anteriormente, a eficiência dos microrganismos aplicados na água como agentes biorremediadores podem ser influenciados por uma série de fatores, tais como os parâmetros físico-químicos da água, fonte e tempo de inoculação dos microrganismos. Além disso, o protocolo de utilização, dosagem do produto e duração do tratamento, são fatores que regulam os benefícios dos microrganismos probióticos na água (JAHANGIRI; ESTEBAN, 2018).

Podemos observar na Tabela 4 que a temperatura da água das caixas do presente estudo foi em média 20,5°C. Temperaturas baixas influenciam diretamente a taxa metabólica dos peixes, afetando o crescimento, ganho de peso e conversão alimentar. A temperatura também afeta o metabolismo dos microrganismos, podendo ocasionar lentidão nos processos bioquímicos. Levando isso em consideração, por mais que as variáveis físico-químicas da água se mantiveram aceitável para a produção aquícola, talvez os microrganismos também tenham sido afetados com a baixa temperatura da água, atrapalhando as possíveis melhorias da qualidade da água do sistema.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados deste estudo, conclui-se que a administração de diferentes dosagens de um produto comercial contendo *L. plantarum* (10^4 UFC/mL) e *S. cerevisiae* (10^3 UFC/mL) diretamente na água de cultivo de juvenis de tilápia-do-Nilo não resultou em melhorias significativas nos parâmetros de desempenho zootécnico e qualidade da água nas condições experimentais deste trabalho. Assim, estudos futuros devem investigar de forma mais aprofundada as interações desses microrganismos benéficos com as condições específicas de sistemas de produção, microbiota e ambiente, visando estratégias mais eficazes para melhorar a qualidade da água e o desempenho dos peixes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABATENH E.; GIZAW, B.; TSEGAYE, Z.; WASSIE, M. The role of microorganisms in bioremediation-A review. **Open Journal of Environmental Biology**, [s.l.], v. 2, n. 1, p. 038-046, 2017.
- ANTONY, S. P.; PHILIP, R. Bioremediation in shrimp culture systems. **Naga The WorldFish Center Quarterly**, [s.l.], v. 29, n. 3-4, p. 62-66, 2006.
- AZUBUIKE, C. C. ; CHIKERE, C. B. ; OKPOKWASILI, G. C. Bioremediation techniques—classification based on site of application: principles, advantages, limitations and prospects. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, [s.l.], v. 32, p. 1-18, 2016.
- BALCÁZAR, J. L.; DE BLAS, I.; RUIZ-ZARZUELA, I.; CUNNINGHAM, D.; VENDRELL, D.; MÚZQUIZ, J. L. The role of probiotics in aquaculture. **Veterinary Microbiology**, [s.l.], v. 114, n. 3-4, p. 173-186, 2006.
- BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: UFSM, 2002.
- BANERJEE, G.; RAY, A. K. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. **Research in Veterinary Science**, [s.l.], v. 115, p. 66-77, 2017.
- BARROSO, R. M.; PINCINATO, R. B. M.; MUNOZ, A. E. P. O mercado da tilápia-2 trimestre de 2017 e análise da estrutura do preço da tilápia no varejo. **Embrapa Pesca Aquic. Newsletter**, [s.l.], v. 1, p. 1-19, 2017.
- BENTZON-TILIA, M.; SONNENSCHN, E. C.; GRAM, L. Monitoring and managing microbes in aquaculture—Towards a sustainable industry. **Microbial Biotechnology**, [s.l.], v. 9, n. 5, p. 576-584, 2016.
- BOYD, C. E.; TUCKER, C. S.; BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. Ecology of aquaculture ponds. **Pond aquaculture water quality management**, [s.l.], p. 8-86, 1998.
- BRIM, H.; VENKATESWARAN, A.; KOSTANDARITHES, H. M.; FREDRICKSON, J. K.; DALY, M. J. Engineering *Deinococcus geothermalis* for bioremediation of high-temperature radioactive waste environments. **Applied and Environmental Microbiology**, [s.l.], v. 69, n. 8, p. 4575-4582, 2003.
- CAMPANATI, C.; WILLER, D.; SCHUBERT, J.; ALDRIDGE, D. C. Intensificação sustentável da aquicultura através da reciclagem de nutrientes e economias circulares: mais peixes, menos resíduos, crescimento azul. **Revisões em Ciências da Pesca e Aquicultura**, [s.l.], v. 30, n. 2, p. 143-169, 2022.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. Seção 1, p. 58. 2005.
- DE ARAÚJO, T. P.; BRIGHENTI, L. S.; DOS SANTOS, H. B.; CASTRO, A. H. F.; THOMÉ, R. G. Toxicidade de compostos nitrogenados em peixes influenciada por parâmetros físico-químicos da água: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 10, n. 11, p. E359101119779-e359101119779, 2021.

DE OLIVEIRA, M. A.; SILVA FILHO, A. S.; ANDRADE, S. P.; DE OLIVEIRA, W. C. M.; DE CASTRO, W. J. R.; FERRAZ, A. P. F.; DE ARAÚJO, F. E. Gestão do Agronegócio Pesqueiro: Importância do setor para o Brasil. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 11, n. 7, p. E39511729974-e39511729974, 2022.

DIAS, J. A. R. **Efeito do uso isolado e do mix de bactérias probióticas suplementadas na dieta de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) e tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

DODDS, W. K.; SMITH, V. H. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams. **Inland Waters**, [s.l.], v. 6, n. 2, p. 155-164, 2016.

EBELING, J. M.; TIMMONS, M. B.; BISOGNI, J. J. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia–nitrogen in aquaculture systems. **Aquaculture**, [s.l.], v. 257, n. 1-4, p. 346-358, 2006.

EI-KADY, A. A.; MAGOUZ, F. I.; MAHMOUD, S. A.; ABDEL-RHIM, M. M. The effects of some commercial probiotics as water additive on water quality, fish performance, blood biochemical parameters, expression of growth and immune-related genes, and histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 546, p. 737249, 2022.

EI-SAADONY, M. T.; ALAGAWANY, M.; PATRA, A. K.; KAR, I.; TIWARI, R.; DAWOOD, M. A.; ABDEL-LATIF, H. M. The functionality of probiotics in aquaculture: An overview. **Fish & Shellfish Immunology**, [s.l.], v. 117, p. 36-52, 2021.

EL-SAYED, A. F. M. (Ed.). **Tilapia culture**. [S.l.]: CABI publishing, 2006.

EL-SAYED, A. F. M.; FITZSIMMONS, K. From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], v. 15, p. 6-21, 2023.

FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul. Roma: FAO, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.4060/cc0461es>. Acesso em: 17 nov. 2023.

FEITOSA, V. A. V. **Utilização de probiótico biorremediador na água do cultivo de tilápia do Nilo**. 2018. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2018.

FLORES-VALENZUELA, E.; MIRANDA-BAEZA, A.; RIVAS-VEGA, M. E.; MIRANDA-ARIZMENDI, V.; BELTRÁN-RAMÍREZ, O.; EMERENCIANO, M. G. Water quality and productive response of *Litopenaeus vannamei* reared in biofloc with addition of 41 commercial strains of nitrifying bacteria and *Lactobacillus rhamnosus*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 542, p. 736869, 2021.

FONSECA, J. R. S. Complexo probiótico BAC-TRAT® na água e em dietas para tilápia-do-Nilo. 2019. Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2019.

FULLER, R. Probiotics in man and animals. **Journal of Bacteriology**, [s.l.], v. 66, p. 365-378, 1989.

FURUYA, W. M.; HAVASHI, C.; FURUYA, V. R. B.; SOARES, C. M. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 1912-1917, 2000.

GOFFEAU, A.; BARRELL, B. G.; BUSSEY, H.; DAVIS, R. W.; DUJON, B.; FELDMANN, H.; OLIVER, S. G. Life with 6000 genes. **Science**, [s.l.], v. 274, n. 5287, p. 546-567, 1996.

GUIMARÃES, M. C.; da SILVA GUIMARÃES, A. I. C.; NATORI, M. M.; ALARCON, M. F. F.; DIAS, D. D. C.; ISHIKAWA, C. M.; TACHIBANA, L. Oral administration of *Bacillus subtilis* and *Lactobacillus plantarum* modulates the gut microbiota and increases the amylase activity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture International**, [s.l.], v. 29, p. 91-104, 2021.

HAVENAAR, R.; TEN BRINK, B.; HUIS, J. H. **Selection of strains for probiotic use**. In: PROBIOTICS Dordrecht: Springer, 1992. p. 209-224.

HILSDORF, A. W. S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas í uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 22, n. 1, p. 73-84, 1995.

IBER, B. T.; KASAN, N. A. Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. **Heliyon**, [s.l.], v. 7, n. 11, p. E08283, 2021.

IWASHITA, M. K. P.; NAKANDAKARE, I. B.; TERHUNE, J. S.; WOOD, T.; RANZANI-PAIVA, M. J. T. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* enhance immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* and *Streptococcus iniae* infection in juvenile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Fish & shellfish immunology**, [s.l.], v. 43, n. 1, p. 60-66, 2015.

JAHANGIRI, L.; ESTEBAN, M. Á. Administration of probiotics in the water in finfish aquaculture systems: a review. **Fishes**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 33, 2018.

JAMES, G.; DAS, B. C.; JOSE, S.; VJ, R. K. *Bacillus* as an aquaculture friendly microbe. **Aquaculture International**, [s.l.], v. 29, p. 323-353, 2021.

JASMIN, M. Y.; SYUKRI, F.; KAMARUDIN, M. S.; KARIM, M. Potential of bioremediation in treating aquaculture sludge. **Aquaculture**, [s.l.], v. 519, p. 734905, 2020.

JOHN, E. M.; KRISHNAPRIYA, K.; SANKAR, T. V. Treatment of ammonia and nitrite in aquaculture wastewater by an assembled bacterial consortium. **Aquaculture**, [s.l.], v. 526, p. 735390, 2020.

KOBAYASHI, M.; KOBAYASHI, M. Waste remediation and treatment using anoxygenic phototrophic bacteria. **Anoxygenic photosynthetic bacteria**, [s.l.], p. 1269-1282, 1995.

KUBITZA, F. A água na aquicultura: parte 2. **Panorama da Aquicultura**, [s.l.], v. 27, p. 14-21, 2017.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes: parte III (Final). **Panorama da Aquicultura**, [s.l.], v. 8, n. 47, p. 35-39, 1998.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. [S.l.]: F. Kubitza, 2003.

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. [S.l.]: Ed. do Autor, 2000.

KUEBUTORNYE, F. K.; ABARIKE, E. D.; LU, Y. A review on the application of *Bacillus* as probiotics in aquaculture. **Fish & Shellfish Immunology**, [s.l.], v. 87, p. 820-828, 2019.

LINNAEUS, C. V. *Systema naturae*. **Systema naturae**, [s.l.], v. 1, 1758.

LOPES, G. R. **Estratégias de biorremediação de sedimentos em viveiros de piscicultura com bactérias do gênero *Bacillus*: estudo em escala laboratorial**. 2021. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

MARINHO-SORIANO, E.; AZEVEDO, C. A. A.; TRIGUEIRO, T. G.; PEREIRA, D. C.; CARNEIRO, M. A. A.; CAMARA, M. R. Bioremediation of aquaculture wastewater using macroalgae and *Artemia*. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [s.l.], v. 65, n. 1, p. 253-257, 2011.

MARTÍNEZ CRUZ, P.; IBÁÑEZ, A. L.; MONROY HERMOSILLO, O. A.; RAMÍREZ SAAD, H. C. Use of probiotics in aquaculture. **International Scholarly Research Notices**, [s.l.], v. 2012, 2012.

MARTINEZ, C. D. R.; AZEVEDO, F. D.; WINKALER, E. U. Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. **CYRINO, JEP; URBINATI, EC Tópicos especiais em biologia aquática e aquicultura**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2006. p. 81-95.

MORO, G. V.; TORATI, L. S.; LUIZ, D. D. B.; MATOS, F. D. Monitoramento e manejo da qualidade da água em pisciculturas. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília: Embrapa, , 2013. p. 141-169.

MOURIÑO, J. L. P. **Suplementação dietética com simbiótico para o híbrido de pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*) e cachara (*P. fasciatum*)**. 2012. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010

MUELLER, J. G.; CERNIGLIA, C. E.; Pritchard, P. H. Bioremediation of environments contaminated by polycyclic aromatic hydrocarbons. **Biotechnology Research Series**, [s.l.], v. 6, p. 125-194, 1996.

NAUGHTON, S.; KAVANAGH, S.; LYNCH, M.; ROWMAN, N. J. Synchronizing use of sophisticated wet-laboratory and in-field handheld technologies for real-time monitoring of key microalgae, bacteria and physicochemical parameters influencing efficacy of water quality in a freshwater aquaculture recirculation system: a case study from the Republic of Ireland. **Aquaculture**, [s.l.], v. 526, p. 735377, 2020.

NIE, X., MUBASHAR, M., ZHANG, S., QIN, Y., ZHANG, X. Current progress, challenges and perspectives in microalgae-based nutrient removal for aquaculture waste: A comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, [s.l.], v. 277, p. 124209, 2020.

NOBILE, A. B.; CUNICO, A. M.; VITULE, J. R.; QUEIROZ, J.; VIDOTTO-MAGNONI, A. P.; GARCIA, D. A.; RAMOS, I. P. Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 1495-1517, 2020.

NOBREGA, R. O.; BANZE, J. F.; BATISTA, R. O.; FRACALOSS, D. M. Improving winter production of Nile tilapia: What can be done?. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 18, p. 100453, 2020.

OSHIRO, A. M. **Avaliação de um blend biotecnológico na qualidade de água, desempenho produtivo e saúde de juvenis de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2022. 47 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, 2022.

OSMUNDSEN, T. C.; AMUNDSEN, V. S.; ALEXANDER, K. A.; ASCHE, F.; BAILEY, J.; FINSTAND, B.; SALGADO, H. The operationalisation of sustainability: Sustainable aquaculture production as defined by certification schemes. **Global Environmental Change**, [s.l.], v. 60, p. 102025, 2020.

OWATARI, M. S.; da SILVA, L. R.; FERREIRA, G. B.; RODHERMEL, J. C. B.; de ANDRADE, J. I. A.; DARTORA, A.; JATOBÁ, A. Body yield, growth performance, and haematological evaluation of Nile tilapia fed a diet supplemented with *Saccharomyces cerevisiae*. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 293, p. 115453, 2022.

OWATARI, M. S.; DA SILVA, L. R.; FERREIRA, G. B.; RODHERMEL, J. C. B.; DE ANDRADE, J. I. A.; DARTORA, A.; JATOBÁ, A. Body yield, growth performance, and haematological evaluation of Nile tilapia fed a diet supplemented with *Saccharomyces cerevisiae*. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 293, p. 115453, 2022.

PEIXE BR. Associação Brasileira de Piscicultura. **Anuário da piscicultura**. São Paulo: [s.n.], 2023.

PEREIRA, L. P. F.; MERCANTE, C. T. J. A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. Uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, [s.l.], v. 31, n. 1, p. 81-88, 2005.

PRABU, E.; RAJAGOPALSAMY, C. B. T.; AHILAN, B.; JEEVAGAN, I. J. M. A.; RENUHADEVI, M. Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review. **Annual Research & Review in Biology**, [s.l.], p. 1-14, 2019.

RATH, R. K. **Freshwater aquaculture**. Scientific publishers, 2018.

REN, W.; LI, L.; DONG, S.; TIAN, X.; XUE, Y. Effects of C/N ratio and light on ammonia nitrogen uptake in *Litopenaeus vannamei* culture tanks. **Aquaculture**, [s.l.], v. 498, p. 123-131, 2019.

RIBEIRO, D. C. **Proposta de tecnologia social para redução do risco de eutrofização em açudes no semiárido**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

RINGO, E.; VAN DOAN, H.; LEE, S. H.; SOLTANI, M.; HOSEINIFAR, S. H.; HARIKRISHNAN, R.; SONG, S. K. Probiotics, lactic acid bacteria and bacilli: interesting supplementation for aquaculture. **Journal of applied microbiology**, [s.l.], v. 129, n. 1, p. 116-136, 2020.

ROBLES-PORCHAS, G. R.; GOLLAS-GAÇVÁN, T.; MARTÍNEZ-PORCHAS, M.; MARTÍNEZ-CORDOVA, L. R.; MIRANDA-BAEZA, A.; VARGAS-ALBORES, F. The

nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 2228-2249, 2020.

SÁ, M. V. **Limnicultura: limnologia para aquicultura**. Fortaleza: Edições UFC, 2012. v. 218.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, [s.l.], v. 42, p. 1-16, 2006.

SHIVALKAR, S.; SINGH, V.; SAHOO A. K.; SAMANTA, S. K.; GAUTAM, P. K. Bioremediation: a potential ecological tool for waste management. *In*: BIOREMEDIATION for Environmental Sustainability. [S.l.]: Elsevier, 2021. p. 1-21.

SOLIMAN, W. S.; SHAAPAN, R. M.; MOHAMED, L. A.; GAYED, S. S. Recent biocontrol measures for fish bacterial diseases, in particular to probiotics, bio-encapsulated vaccines, and phage therapy. **Open Veterinary Journal**, [s.l.], v. 9, n. 3, p. 190–195-190–195, 2019.

SOLTANI, M.; GHOSH, K.; HOSEINIFAR, S. H.; KUMAR, V.; LYMBERY, A. J.; ROY, S.; RINGO, E. *Genus Bacillus*, promising probiotics in aquaculture: aquatic animal origin, bio-active components, bioremediation and efficacy in fish and shellfish. **Reviews in Fisheries Science & Aquaculture**, [s.l.], v. 27, n. 3, p. 331-379, 2019.

SONIA, V.; RAJAGOPALSAMY, C. B. T.; AHILAN, B.; FRANCIS, T. Influence of bioremediation on the growth and survival of *Cyprinus carpio* Var Koi using aquaculture waste water. **I Control Pollution**, [s.l.], v. 31, n. 2, 2015.

SOUZA, M. L. R. Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 31, p. 1076-1084, 2002.

SOUZA, R. J. F. **Uso de aditivo nutricional comercial para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)(CURVIER, 1818)**. 2021. 45 f. Tese (Doutorado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

VALENTI, W. C.; BARROS, H. P.; MORAES-VALENTI, P.; BUENO, G. W.; CAVALLI, R. O. Aquaculture in Brazil: past, present and future. **Aquaculture Reports**, [s.l.], v. 19, p. 100611, 2021.

VALLE, G. C. C. D. **Indicadores e Cenários de Sustentabilidade da Produção Aquícola na região metropolitana de Santarém-PA, Brasil**. 2019. 204 f. Tese (Doutorado em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, 2019.

VERSCHUERE, L.; ROMBAUT, G.; SORGELOOS, P.; VERSTRAETE, W. Probiotic bacteria as biological control agents in aquaculture. **Microbiology and molecular biology reviews**, [s.l.], v. 64, n. 4, p. 655-671, 2000.

VICENTE, I. S. T.; FONSECA-ALVES, C. E. Prospects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) production in Brazil. **Revista de Ciências Agrárias**, [s.l.], v. 37, n. 4, p. 392-398, 2014.

VIDALI, M. Bioremediation. an overview. **Pure and applied chemistry**, [s.l.], v. 73, n. 7, p. 1163-1172, 2001.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996.

WANG, M.; LU, M. Tilapia polyculture: a global review. **Aquaculture Research**, [s.l.], v. 47, n. 8, p. 2363-2374, 2016.

WILLIAMSON, C. E.; FISCHER, J. M.; BOLLENS, S. M.; OVERHOLT, E. P.; BRECKENRIDGE, J. K. Toward a more comprehensive theory of zooplankton diel vertical migration: Integrating ultraviolet radiation and water transparency into the biotic paradigm. **Limnology and Oceanography**, [s.l.], v. 56, n. 5, p. 1603-1623, 2011.

YUSOFF, F. M.; BANERJEE, S.; KHATOON, H.; SHARIFF, M. Biological approaches in management of nitrogenous compounds in aquaculture systems. **Dynamic biochemistry, process biotechnology and molecular biology**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 21-31, 2011.

ZHANG, B.; XIONG, K.; CAI, J.; MA, A. Fish consumption and coronary heart disease: a meta-analysis. **Nutrients**, [s.l.], v. 12, n. 8, p. 2278, 2020.

ZHENG, X.; DUAN, Y.; DONG, H.; ZHANG, J. The effect of *Lactobacillus plantarum* administration on the intestinal microbiota of whiteleg shrimp *Penaeus vannamei*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 526, p. 735331, 2020.

ZHU, B.; CHEN, S.; ZHAO, C.; ZHONG, W.; ZENG, R.; YANG, S. Effects of *Marichromatium gracile* YL28 on the nitrogen management in the aquaculture pond water. **Bioresource Technology**, [s.l.], v. 292, p. 121917, 2019.

ZIMMERMANN, S., FITZSIMMONS, K. **Tilapicultura intensiva. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical**. São Paulo: TecArt, 2004. v. 1. p. 239-266.