



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

RENAN ARAÚJO CAVALCANTE DE OLIVEIRA

**ASPECTOS SANITÁRIOS DE PEIXES CRIADOS EM TANQUES-REDE E
ALIMENTADOS COM RAÇÃO ADICIONADA OU NÃO DE PRÓBIOTICOS**

FORTALEZA

2026

RENAN ARAÚJO CAVALCANTE DE OLIVEIRA

ASPECTOS SANITÁRIOS DE PEIXES CRIADOS EM TANQUES-REDE E
ALIMENTADOS COM RAÇÃO ADICIONADA OU NÃO DE PRÓBIOTICOS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao
Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau Bacharelado em Zootecnia. Área de
concentração: Aquicultura

Orientador(a): Prof. Dr. Elenise Gonçalves de
Oliveira

FORTALEZA

2026

RENAN ARAÚJO CAVALCANTE DE OLIVEIRA

ASPECTOS SANITÁRIOS DE PEIXES CRIADOS EM TANQUES-REDE E
ALIMENTADOS COM RAÇÃO ADICIONADA OU NÃO DE PRÓBIOTICOS

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao
Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do
grau de Bacharelado em Zootecnia. Área de
concentração: Aquicultura.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Elenise Gonçalves de Oliveira (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Francisco Hiran Farias Costa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Luciana Kelly Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, a minha orientadora e aos que
nunca desistiram de mim.

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, por ter me introduzido e guiado nesta carreira, abrindo portas e oportunidades fundamentais para o meu crescimento pessoal e profissional.

À minha família, pelo apoio incondicional, amor e por todo o suporte financeiro e emocional que me sustentou ao longo de todo o meu percurso acadêmico.

À minha orientadora, por me mostrar os caminhos que posso seguir, dividindo seu conhecimento com paciência e me ensinando e ajudando a superar cada desafio enfrentado em todas as situações.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), através do Laboratório de Ciência e Tecnologia Aquícola (LCTA) e Laboratório de Aquicultura e Sistema Integrado de Produção (LASIP) do Depto. de Engenharia de Pesca do Centro de Ciência Agrárias (DEP/CCA) - responsável pela coordenação e execução do projeto.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, através do Programa Cientista Chefe do Governo do Estado do Ceará - Economia Azul, pela concessão de bolsa de Cientista Chefe.

À Prefeitura Municipal de Jaguaribara – CE, através da Secretária de Desenvolvimento Econômico, Turismo, Aquicultura e Pesca - responsável pelo apoio logístico, suporte com hospedagem e alimentação e interlocução com os piscicultores.

À Piscicultura Três Irmãos, pela infraestrutura, apoio logístico e realização do manejo de rotina.

À Biotrends Soluções Tecnológicas, pelo fornecimento do probiótico BM-PRO e selante PRO-MIX e apoio técnico nos monitoramentos.

À Secretaria de Pesca e Aquicultura do Governo do Estado do Ceará (SPA/CE), pelo transporte da equipe para coleta de dados.

À Laboratório de Microbiologia de Água e Alimentos pertencente ao Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC), pela realização de análises microbiológicas.

À toda equipe do projeto e colaboradores pelo apoio fundamental a aprovação e realização desse estudo.

RESUMO

O presente estudo avaliou aspectos sanitários de peixes criados em tanques-rede. A pesquisa, desenvolvida entre março e setembro de 2025, avaliou oito unidades experimentais (tanques-rede) sob dois manejos distintos: um com inclusão de probiótico na dieta (RCPB) e outro sem inclusão e adicionada de antibiótico (RSPB) em três ocasiões (março, maio e julho de 2025). Em cada uma das ocasiões o antibiótico Florfenicol (4 g/kg de ração) foi administrado uma vez por dia, durante seis dias consecutivos. Para iniciar o experimento 8.000 peixes com peso médio de $97,0 \pm 6,7$ g foram distribuídos equitativamente em 08 tanques-rede de 24 m³ de volume útil e alimentados com ração extrusada com 32% de proteína bruta. A metodologia envolveu inspeções clínicas mensais em 30 animais de cada tanque-rede para identificação de lesões e sinais patológicos, além da coleta de amostras de água para quantificação laboratorial de coliformes termotolerantes pela técnica de tubos múltiplos. Os resultados demonstraram que, quanto à qualidade da água, não foi observada diferença estatisticamente significativa ($P > 0,05$) na densidade média de coliformes entre os tratamentos, o que se atribui à intensa dinâmica de movimentação da coluna d'água no reservatório. Também foi observado que a maioria dos tanques-rede permaneceram em conformidade com a Resolução CONAMA nº 357/2005, embora o grupo alimentado sem probióticos (RSPB) tenha apresentado maior instabilidade e uma extrapolação pontual dos limites legais no tanque-rede 7. Quanto aos resultados para sanidade dos peixes, foi registrado um pico de mortalidade no início do cultivo, mesmo com os sinais de morbidade mantendo-se baixo e homogêneo entre os grupos ($P > 0,05$). A partir de maio os sinais de morbidade se intensificaram, atingindo um pico em julho, ocorrendo também um pico de mortalidade. As morbidades foram mais baixas no grupo alimentado com probióticos (RCPB), enquanto as mortalidades foram mais baixas para o RSPB, sugerindo que o antibiótico foi decisivo em promover uma supressão temporária de mortalidades, diante de agentes estressores agudos como manejo de despesca e transferências dos peixes dos tanques-rede berçários para os tanques de engorda e também frente as mudanças nas condições ambientais que levaram a déficit nas concentrações de oxigênio dissolvido na água entre junho e julho. Por outro lado, a resiliência sanitária dos peixes alimentados com ração contendo probiótico, mantendo frequência de lesões consistentemente inferior ao grupo RSPB em todas as inspeções realizadas e sem nenhuma intervenção quimioterápica ao longo da fase de engorda, evidencia a eficácia da suplementação probiótica adotada.

Palavras-chave: tilapia; *Oreochromis niloticus*; sanidade aquícola; antibiótico.

ABSTRACT

This study evaluated the health aspects of fish raised in net cages. The research, conducted between March and September 2025, assessed eight experimental units (net cages) under two distinct management regimes: one with the inclusion of a probiotic in the diet (RCPB) and another without probiotics but with added antibiotics (RSPB), evaluated on three occasions (March, May, and July 2025). On each occasion, the antibiotic florfenicol (4 g/kg of feed) was administered once daily for six consecutive days. To initiate the experiment, 8,000 fish with an average weight of 97.0 ± 6.7 g were evenly distributed among eight net cages (each with a working volume of 24 m³) and fed extruded feed containing 32% crude protein. The methodology involved monthly clinical inspections of 30 fish from each net cage to identify lesions and pathological signs, as well as water sampling for the laboratory quantification of thermotolerant coliforms using the multiple-tube technique. Regarding water quality, the results showed no statistically significant difference ($P > 0.05$) in the mean coliform density between treatments, a finding attributed to the intense water column dynamics within the reservoir. It was also observed that most net cages remained in compliance with CONAMA Resolution No. 357/2005, although the group fed without probiotics (RSPB) exhibited greater instability and a single instance of exceeding legal limits in net cage 7. Regarding fish health, a mortality peak was recorded at the beginning of the culture period, even though signs of morbidity remained low and consistent across groups ($P > 0.05$). From May onwards, signs of morbidity intensified, peaking in July, a period that also saw a peak in mortality. Morbidity rates were lower in the probiotic-fed group (RCPB), whereas mortality rates were lower in the RSPB group; this suggests that the antibiotic played a decisive role in temporarily suppressing mortality in the face of acute stressors—such as harvest handling and the transfer of fish from nursery net pens to grow-out tanks—as well as environmental changes that led to dissolved oxygen deficits between June and July. Conversely, the health resilience of fish fed the probiotic-supplemented diet—demonstrated by consistently lower lesion rates compared to the RSPB group across all inspections and the absence of any chemotherapeutic intervention during the grow-out phase—highlights the efficacy of the probiotic supplementation strategy employed.

Keywords: tilapia; *Oreochromis niloticus*; aquaculture health; antibiotic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Localização geográfica da área onde o estudo foi realizado (Açude Castanhão, Jaguaribara, Ceará, Brasil)	27
Figura 2	– Vista dos tanques-rede experimentais utilizados na fase de engorda de tilápia (<i>O. niloticus</i>), fixados em cordas <i>longline</i>	28
Figura 3	– Vista dos tanques-rede experimentais utilizados na fase de engorda de tilápia (<i>O. niloticus</i>), agrupados em forma de quadrado e no centro do quadrado um aerador modelo chafariz de 2,0 CV em condição desligado (A e B) e em funcionamento (C)	29
Figura 4	– Preparo do material para coleta e condicionamento de amostras de água	32
Figura 5	– Frascos identificados e acondicionados em isopor para uso na coleta das amostras de água	32
Figura 6	– Tanques-rede de engorda de tilápia no açude Castanhão, local onde as amostras de água de 1 a 8 foram coletadas	32
Figura 7	– Momento da coleta de amostras de água em tanques-rede de engorda de tilápia no açude Castanhão	32
Figura 8	– Balsa de apoio da Piscicultura no Castanhão, local de coleta das amostras de água 9 e 10	32
Figura 9	– Momento da coleta de amostras de água na balsa de apoio da Piscicultura, no Castanhão	32
Figura 10	– Preparo das amostras de água para determinação quantitativa de coliformes termotolerantes	33
Figura 11	– Incubação de amostras à temperatura de $44,5 \pm 0,2$ °C para o teste confirmatório de organismos termotolerantes	33
Figura 12	– Exemplo de amostras não contaminadas (esquerda) e contaminadas (direita) com coliformes termotolerantes	33
Figura 13	– Imagens da leitura do teste confirmatório para determinação de organismos termotolerantes em amostras de água coletadas no açude	33
Figura 14	– Exemplares de tilápia apresentando escurecimento cutâneo e lesões na visão, tais como exoftalmia e opacidade do olho (A), hemorragia (B) e perda total do globo ocular (C)	37

Figura 15	– Exemplares de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) apresentando escurecimento cutâneo e perda de escamas (A); perda de escamas, erosão das nadadeiras e escurecimento do corpo (B e C), deformação de nadadeira peitoral, erosão de nadadeiras e manchas hemorrágicas na região anal (D)	38
Figura 16	– Exemplares de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) apresentando escurecimento cutâneo, hemorragia na região ventral do corpo, erosão de nadadeiras, lesões circulares na base da nadadeira caudal (A), lesões circulares na região lateral ventral da cabeça (B) e circulares ou irregulares espalhadas pelo corpo (C) e ecoliose (D)	39
Figura 17	– Exemplar de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) apresentando nódulo subcutâneo na região caudal (A e B)	40
Figura 18	– Índices (%) de sinais clínicos de debilidades dentro da amostra de 30 exemplares de tilápia (<i>O. niloticus</i>) capturadas em cada biometria, ao longo do período de 189 dias de cultivo em tanques-rede instalados no açude Castanhão	45
Figura 19	– Média do número de exemplares de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), que morreram por tanque-rede (TRE) nos intervalos entre uma biometria e outra. Em uma mesma biometria, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%	47
Figura 20	– Média do número de exemplares de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), que morreram semanalmente por tanque-rede (TRE)	48
Figura 21	– Taxa de sobrevivência de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), ao final de 189 dias de cultivo em tanques-rede instalados no açude Castanhão (Jaguaribara – CE)	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Principais bacterioses de interesse aquícola em peixes tropicais: etiologia e sintomatologia clínica.....	24
Tabela 2	– Principais viroses de interesse aquícola em peixes tropicais: etiologia e sintomatologia clínica.....	25
Tabela 3	– Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) em água coletada na área em volta da balsa de apoio (CONTR), e no interior de tanques-redes de engorda instalados no açude Castanhão (Jaguaribara – CE) e povoados com tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB).....	35
Tabela 4	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 09/04/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	41
Tabela 5	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 07/05/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	41
Tabela 6	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 11/06/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	42
Tabela 7	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 23/07/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	42
Tabela 8	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 21/08/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	43
Tabela 9	– Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (<i>O. niloticus</i>) coletada no dia 22/09/2025, em tanques-rede no açude Castanhão.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo Geral.....	17
2.2	Objetivos Específicos.....	17
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
3.1	A piscicultura no açude Castanhão.....	18
3.2	Microrganismos termotolerantes.....	19
3.3	Enfermidades em peixes.....	20
3.4	Probióticos e sua relação com a sanidade de peixes.....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Período e local de realização de estudo.....	27
4.2	Instalações do experimento.....	28
4.3	Animais experimentais e manejo.....	30
4.4	Variáveis analisadas.....	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1	Condições de cultivo.....	34
5.2	Microrganismos termotolerantes.....	34
5.3	Aspectos sanitário dos peixes.....	36
6	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O território brasileiro, cuja área excede 8,5 milhões de quilômetros quadrados, abriga um dos maiores patrimônios hídricos do planeta, estimando-se em 12% o seu percentual de água doce superficial global. No que tange à distribuição geográfica desses corpos d'água, constata-se uma acentuada disparidade regional, visto que os complexos hidrográficos das regiões Norte e Centro-Oeste respondem por cerca de 89% do volume superficial nacional. Todavia, essas regiões concentram apenas 14,5% da população e 9,2% da demanda hídrica do país (Tavares-Dias, 2009). De acordo com o mesmo autor, a assimetria hídrica nacional consolida-se ao observar as regiões Nordeste, Sul e Sudeste: embora detenham apenas 11% do potencial hídrico remanescente, são responsáveis por abrigar 85,5% da população e por centralizar 90,8% do consumo de água do Brasil. Nesse cenário, a piscicultura consolidou-se como um setor estratégico do agronegócio nacional, ultrapassando em 2025 a marca histórica de 1 milhão de toneladas de peixes produzidos, o que representa um incremento de 58% na última década, algo que foi impulsionado substancialmente pela tilapicultura – que atingiu o patamar de 707 mil toneladas – e pelo contínuo processo de tecnificação e profissionalização da cadeia de valor (Associação Brasileira da Piscicultura, 2026).

Conforme o Anuário da Associação Brasileira da Piscicultura (2026), o estado do Ceará teve um crescimento expressivo de 29,3% em 2025, em relação a 2024, alcançando o volume total de 15.710 toneladas de peixes, das quais mais de 98% referem-se a tilápia. O Açude Castanhão, localizado no leito da bacia do Rio Jaguaribe no município de Jaguaribara, configura-se como o maior polo aquícola estadual, liderando a infraestrutura de cultivo com 4.749 tanques-rede instalados em 2025 (Associação Brasileira da Piscicultura, 2026).

O município de Jaguaribara apresenta a piscicultura como a matriz fundamental de sua economia local, ao lado da bovinocultura leiteira. Estimativas técnicas apontam que a atividade aquícola desempenha um papel socioeconômico estratégico, impactando diretamente uma comunidade de aproximadamente 4 mil habitantes residentes no entorno do reservatório hidráulico (Brandão, 2025). Em 2024, o Boletim da Aquicultura em Águas da União (Brasil, 2025) registrou que a produção declarada nesse reservatório foi de 1.483,90 toneladas, viabilizando aproximadamente 95 postos de trabalho diretos, sob uma estrutura majoritariamente composta por áreas de interesse social. Em 2024, conforme o relatório da Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (2026), o reservatório operou com um volume mínimo de 1,52 bilhões de m³ (22,73% da sua capacidade) e máximo de 2,44 bilhões de m³ (36,46% da sua capacidade). A redução volumétrica do açude, em relação a sua capacidade total

de armazenamento (6,7 bilhões de m³), persistente desde 2012, reflete-se negativamente na qualidade da água. De acordo com Rocha e Lima Neto (2022), isso ocorre especialmente devido ao elevado tempo de residência hidráulica, estimado em aproximadamente 2.000 dias, o que intensifica os processos de degradação física, química e biológica no ecossistema semiárido.

A sustentabilidade da piscicultura está intrinsecamente vinculada à gestão e controle do ambiente dos animais, ou seja, dos recursos hídricos e à manutenção dos parâmetros qualitativos da água, elemento basilar do processo produtivo (Leira *et al*, 2017a). Segundo o Banco do Nordeste do Brasil (2016), dados históricos e tendências empíricas indicam uma correlação crítica entre o volume hídrico acumulado, a produtividade e a sanidade animal. Conforme evidenciado em análises evolutivas de atividades, períodos de severa escassez hídrica na região Nordeste inviabilizaram a atividade no Açude do Castanhão e em outros polos no Nordeste. A redução volumétrica do corpo d'água compromete a capacidade de suporte do ecossistema artificial, culminando na degradação da qualidade da água e no consequente incremento do estresse fisiológico dos plantéis.

Segundo Barton (2002), o estresse homeostático desencadeia o comprometimento do índice de conversão alimentar e a redução do ganho de peso diário dos indivíduos. Além disso, observa-se a ampliação da susceptibilidade a agentes patogênicos, a exemplo do recente *Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus* (Necrose Infeciosa do Baço e do Rim), ou ISKNV, e de infecções bacterianas causadas pelos gêneros *Streptococcus*, *Aeromonas*, *Flavobacterium* e *Lactococcus*, os quais se configuraram como os principais desafios sanitários nos anos recentes, culminando na elevação das taxas de mortalidade e no consequente prejuízo ao balanço econômico da atividade.

A resposta fisiológica a esse estresse ambiental envolve uma cascata endócrina que culmina na liberação de cortisol. Este hormônio exerce ação imunossupressora, inibindo a produção de linfócitos e a migração de neutrófilos, o que reduz a resistência orgânica contra patógenos oportunistas (Barcellos, 2022). Sob tais condições de debilidade, microrganismos que integram a microbiota normal da água e do próprio animal, assumem caráter patogênico, desencadeando surtos infecciosos de alta morbidade e mortalidade (Leira *et al*, 2016). Em sistemas intensivos, esse quadro é exacerbado pelo aporte contínuo de nutrientes via alimentação, que pode levar à eutrofização do meio, acúmulo de matéria orgânica e elevação de compostos tóxicos como a amônia não ionizada (NH₃) e o nitrito (NO₂), comprometendo a integridade branquial e a competência imunológica dos peixes (Rodrigues, 2013).

Os principais agentes etiológicos responsáveis por mortalidades massivas na aquicultura são de origem viral e bacteriana, sendo que alguns destes são de notificação

obrigatória à Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA). Ainda segundo os autores, as bacterioses representam um dos maiores entraves sanitários e econômicos da tilapicultura, e a maioria dos surtos é mediada por esses agentes oportunistas diante de falhas de manejo ou oscilações ambientais (SENAR; CNA, 2017)

Como preconiza Sousa (2024), o controle eficiente de bacterioses na produção aquícola exige um conjunto de medidas integradas que vão desde a biossegurança e manejo adequado até estratégias vacinais. A promoção da saúde animal através da suplementação com aditivos alimentares e fitoativos atua diretamente na redução do uso indiscriminado de antibióticos e outros fármacos, mitigando ameaças globais à saúde pública e garantindo o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos (Barcellos, 2022). Porém, de acordo com Cavalli (2021), o uso contínuo de probióticos tem se apresentado como uma solução biotecnológica eficaz, pois esses microrganismos atuam como biorremediadores que degradam compostos orgânicos e melhoram a qualidade da matriz hídrica, além de estimularem a resposta imune inata dos peixes contra enfermidades oportunistas.

Um aspecto também relevante em ecossistemas aquícolas diz respeito a microbiologia, e ela engloba uma complexa comunidade de microrganismos que coexistem com os peixes, habitando normalmente a pele, brânquias e o trato digestório, mas que podem assumir caráter patogênico e causar elevadas taxas de mortalidade, quando o equilíbrio ambiental é rompido por fatores de estresse (Castilho, 2012). Dentro desse cenário, os coliformes termotolerantes, pertencentes à família Enterobacteriaceae, destacam-se como os principais indicadores biológicos de contaminação fecal, uma vez que sua detecção na matriz hídrica sinaliza o aporte de dejetos de humanos ou de animais homeotérmicos (Leira *et al*, 2017a). De acordo com as diretrizes da Resolução CONAMA nº 357/2005, o monitoramento sistemático desses organismos é fundamental para classificar a qualidade sanitária das águas de cultivo e garantir que o pescado seja seguro para o consumo humano, prevenindo a transmissão de enfermidades zoonóticas. Como observado por Castilho (2012), embora a dinâmica de renovação hídrica em tanques-rede tenda a diluir esses microrganismos, a presença de altas densidades de coliformes indica falhas críticas de biossegurança e higiene, funcionando como um sinalizador precoce de poluição microbiana que pode comprometer a sustentabilidade e a integridade imunológica de todo o plantel.

Diante desse cenário, justifica-se a realização de estudos para compreensão da dinâmica microbiológica e sanitária de peixes criados em sistemas de produção intensiva, visando paralelamente gerar dados que auxiliem na prevenção de perdas econômicas, no suporte à tomada de decisões e no aprimoramento dos protocolos de manejo na rotina aquícola.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar aspectos sanitários do cultivo de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) criados em tanques-rede e alimentados com ração adicionada ou não de probiótico.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar determinação quantitativa de coliformes termotolerantes da água de tanques-rede com cultivo de tilápia alimentadas ou não com probióticos;
- Identificar a ocorrência de alterações anatomopatológicas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede e alimentadas ou não com probióticos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 A piscicultura no açude Castanhão

O açude Padre Cícero, popularmente conhecido como açude Castanhão, está localizado na Bacia do Médio Jaguaribe, compreende os limites geográficos dos municípios de Jaguaribara, Alto Santo, Jaguaretama e Jaguaribe, foi concluído em dezembro de 2002 (CEARÁ, 2011) e apresenta capacidade volumétrica de 6,7 bilhões de metros cúbicos (DNOCS, 2023). Já em 2004, o Castanhão acumulava 5 bilhões de m³ de água (74,6% da capacidade total). Em 2009, o Castanhão atingiu seu maior volume (6,5 bilhões de m³ = 97,8 % da capacidade total), mas em 2018 voltou aos níveis iniciais (0,139 bilhões = 2,08% da sua capacidade). Quando ostentava uma condição de conforto hídrico em 2013, a Agência Nacional de Águas (ANA) outorgou ao Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), as áreas de três parques aquícolas (Alto Santo, Jaguaribara e Jaguaribe/Jaguaretama), estabelecendo uma produção máxima de 10.800 t de peixes/ano e uma carga diária máxima de ração da ordem de 47.300 kg. A partir da outorga, houve grande expansão da tilapicultura no Castanhão (OLIVEIRA; ALMEIDA, 2017) e Jaguaribara foi o município com a segunda maior produção de peixes no Brasil, por três anos consecutivos: 2013 = 14,6 mil toneladas; 2014 = 16,9 mil toneladas e 2015 = 13,8 mil toneladas (IBGE; MPOG, 2013; 2014; 2015).

A Seafood Brasil (2016) registrou que, em 2015, a piscicultura no Castanhão enfrentou um impacto significativo com a perda de mais de 3 mil toneladas de peixes, resultando em prejuízos estimados em R\$ 21 milhões. A crise se intensificou em 2016, quando cerca de 80% da produção remanescente foi dizimada. Nos anos de 2017 e 2018, com os níveis do açude abaixo de 10% de sua capacidade (CEARÁ, 2026), não há registros oficiais de produção de peixes no açude Castanhão. Já em 2019 volta a ter registros de grandes mortandades de peixes no açude (G1, 2019).

Uma possível causa pode ser a eutrofização, intensificada pelos ciclos de estiagens prolongadas observadas nos últimos anos (Santos *et al.*, 2026), que resultou na degradação severa da qualidade da água, levando diversos corpos hídricos ao estado hipereutrófico. Esse fenômeno aumenta as concentrações de fósforo total e nitrogênio, favorecendo a floração excessiva de patógenos e cianobactérias potencialmente tóxicas (França *et al.*, 2021).

Alterações sazonais nas condições ambientais, que levam a déficit de oxigênio na água, pode também ser uma das causas das mortandades. Em função disso, desde 2021, conforme comunicação pessoal de Edson dos Reis Souza (abril de 2026), pisciculturas no

Castanhão passaram a adotar aeração emergencial durante um fenômeno sazonal de mudanças ambientais que, em geral, ocorre no primeiro semestre do ano e, eventualmente, no segundo semestre.

3.2 Microrganismos termotolerantes

A avaliação de microrganismos termotolerantes em águas superficiais é um dos principais indicadores de qualidade, comumente utilizando os coliformes termotolerantes como marcador de contaminação fecal. No Brasil, essa análise é regulamentada por duas legislações principais: a Resolução CONAMA nº 357/2005 e a Portaria GM/MS nº 888/2021. A primeira estabelece a classificação dos corpos d'água superficiais de acordo com seus usos, definindo limites específicos para coliformes termotolerantes em cada classe. Por exemplo, as águas de Classe 1, destinadas ao consumo humano, possuem um limite de 200 coliformes por 100 mL, enquanto as águas de Classe 2, para recreação, toleram até 1.000 (Brasil, 2005). Já a Portaria GM/MS nº 888/2021, focada na potabilidade da água para consumo humano, adota uma abordagem mais rigorosa ao proibir a presença de *Escherichia coli*, um tipo de coliforme termotolerante, em qualquer amostra, determinando a necessidade de tratamento da água bruta. (Brasil, 2021).

A Portaria GM/MS nº 888/2021 reforça a ausência de contaminação por *E. coli* para garantir a segurança da água potável. Essa abordagem de controle busca proteger a saúde pública e os ecossistemas aquáticos, garantindo que os diferentes corpos d'água possam ser utilizados de forma segura e sustentável. Assim, a legislação brasileira utiliza a presença de coliformes termotolerantes como um indicador essencial para a classificação da qualidade das águas superficiais, com limites que variam conforme o uso pretendido (Brasil, 2021).

A avaliação de coliformes termotolerantes e *E. coli* mostra-se fundamental e altamente eficiente, permitindo a identificação precoce de riscos à sanidade animal, prevenindo perdas econômicas e garantindo a qualidade dos produtos finais (Bastos et al., 2008). Por outro lado, embora a *E. coli* seja considerada o indicador mais preciso de contaminação fecal devido à sua especificidade para fontes fecais, a interpretação de resultados para coliformes termotolerantes exige cautela, uma vez que este grupo inclui espécies de origem ambiental que não são necessariamente de origem fecal. A presença de *E. coli* em amostras de água atua como um organismo índice para a provável contaminação por patógenos, porém, devido à variabilidade dos níveis desses indicadores e à correlação por vezes inconsistente com patógenos específicos, um resultado negativo não garante a ausência total de riscos à saúde. Por esse motivo, a análise

da qualidade microbiológica deve ser abrangente, considerando a fonte da água, o tamanho da amostra, os métodos de detecção e a eficácia de processos de desinfecção aos quais a água foi submetida (Gruber; Ercumen; Colford Jr., 2014)

É crucial diferenciar a função dos coliformes termotolerantes como indicadores de higiene e sua capacidade de causar doenças. Em sua maioria, os coliformes termotolerantes e a própria *E. coli* não são patogênicos. Apenas cepas específicas de *E. coli* (como a STEC, que causa a síndrome hemolítica urêmica, e a EIEC, que provoca diarreia) são responsáveis por doenças. A presença dessas cepas patogênicas em sistemas hídricos é relativamente rara e ocorre sob circunstâncias específicas. Portanto, a simples detecção de *E. coli* não confirma a patogenicidade, sendo necessária uma investigação adicional para determinar as características de virulência da cepa isolada. Essa distinção é fundamental para evitar conclusões incorretas sobre a segurança da água (Guth; Landgraf, 2023).

3.3 Enfermidades em peixes

As doenças comprometem sobremaneira o bom desempenho zootécnico dos animais gerando prejuízos consideráveis ao piscicultor. Dentre as doenças, as de origem bacteriana são as principais responsáveis pelas perdas em piscicultura comercial. No entanto, doenças virais são igualmente avassaladoras e muito difíceis de controlar uma vez instaladas na população (Leira *et al.*, 2017b).

Dentre os microrganismos patogênicos de ordem bacteriana, o gênero *Streptococcus*, agente causador da estreptococose, é considerado a causa da doença de maior impacto econômico na tilapicultura nacional, com destaque para as espécies *S. agalactiae* e *S. iniae* (Barcellos, 2022). Os sinais clínicos da estreptococose incluem natação errática, inapetência, exoftalmia, opacidade de córnea, escurecimento corporal e hemorragias na base das nadadeiras e opérculos, acometendo principalmente peixes na fase de engorda (acima de 100g) em períodos de temperaturas elevadas (Tavares; Figueiredo; Leal, 2014). A enfermidade é uma zoonose, representando risco de infecção para humanos envolvidos no manuseio de animais doentes (SENAR; CNA, 2017)

Outra enfermidade de grande relevância é a aeromonose, ou septicemia móvel, infecção causada por bactérias do gênero *Aeromonas*, principalmente pela espécie *Aeromonas hydrophila*. Esse patógeno Gram-negativo e anaeróbio facultativo é comum em ambientes com alta carga de matéria orgânica (Tavares-Dias, 2009; Sebastião, 2015) e pode acometer diferentes classes de animais, provocando quadros que variam de gastroenterite a fascite necrosante

(Belem-Costa *et al.*, 2021). Nos peixes, os sinais clínicos clássicos envolvem septicemia hemorrágica, úlceras cutâneas, perda de escamas, ascite ("barriga d'água") e necrose de nadadeiras, configurando também uma zoonose com potencial de causar infecções e gastroenterites em humanos (Rodrigues *et al.*, 2013).

As bactérias do gênero *Pseudomonas* são caracterizadas como bastonetes Gram-negativos, não fermentadores e geralmente móveis, atuando como patógenos oportunistas que integram a microbiota natural da água e dos peixes. A manifestação de processos infecciosos ocorre predominantemente quando o hospedeiro está debilitado por estressores ambientais, tais como excesso de matéria orgânica no sistema, temperaturas extremas ou manejo inadequado. As espécies reconhecidas como patogênicas para a piscicultura incluem *P. fluorescens*, *P. chlororaphis* e *P. anguilliseptica*, as quais desencadeiam um quadro de septicemia hemorrágica clinicamente muito semelhante ao provocado pelo gênero *Aeromonas*. Os sinais clínicos típicos envolvem o escurecimento corporal, hemorragias na pele, opérculos e face ventral, além da perda de escamas e o surgimento de áreas despigmentadas que podem evoluir para ulcerações. Internamente, os espécimes podem apresentar exoftalmia, ascite com acúmulo de fluido opaco ou sanguinolento, fígado pálido e o trato intestinal inflamado e vazio, em decorrência da inapetência do animal enfermo (Castilho, 2012).

Adicionalmente, a columnariose, causada por *Flavobacterium columnare*, manifesta-se visualmente através da "doença da boca de algodão" ou podridão das nadadeiras (Barcellos, 2022). Os animais afetados apresentam sintomas iniciais inespecíficos, como letargia, movimentos operculares acelerados e áreas acinzentadas ou amareladas de erosão, circundadas por zonas congestivas na cabeça e corpo, progredindo para necroses severas que destroem a epiderme, derme e o tecido muscular (Pilarski *et al.*, 2011).

A franciselose é outra grave infecção bacteriana sistêmica, desta feita causada pelo cocobacilo intracelular facultativo *Francisella noatunensis* subsp. *orientalis*, que acomete severamente peixes de importância comercial, como a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), especialmente sob condições de estresse térmico e manejo intensivo em temperaturas de águas frias, inferiores a 24 °C (Assis *et al.*, 2017). Fisiopatologicamente caracterizada como uma granulomatose sistêmica crônica, a doença manifesta-se clinicamente por meio de sinais inespecíficos como letargia profunda, anorexia, exoftalmia, ascite e escurecimento do tegumento cutâneo, além de revelar macroscopicamente a formação massiva de nódulos esbranquiçados multifocais (granulomas) nos tecidos hematopoiéticos, gerando esplenomegalia (aumento do baço) e nefromegalia (aumento do rim cranial) graves (Soto *et al.*, 2013; Oliveira *et al.*, 2022).

Visto que bactérias são agentes oportunistas que infectam o hospedeiro quando este apresenta baixa imunidade, o controle sanitário na criação de tilápias deve se concentrar em evitar o estresse imunológico dos peixes (Leira *et al.*, 2016). Além disso, é indispensável adotar um plano rigoroso de biossegurança para impedir a entrada e a propagação de microrganismos causadores de doenças nos sistemas de produção (Assis; Freitas, 2012). Segundo Cavalli *et al.* (2021), é ideal que esses protocolos se iniciem durante a aquisição de alevinos de procedência certificada, os quais devem ser submetidos a um período de quarentena (de 15 a 40 dias) em área isolada para observação de sinais clínicos antes da estocagem definitiva.

Em termos de doenças virais, a doença do Vírus do Lago da Tilápia (TiLV), também conhecida como hepatite sincicial da tilápia (SHT), devido às lesões causadas no fígado, é uma enfermidade emergente global provocada pelo Vírus do Lago da Tilápia (TiLV), um agente envelopado da família *Amnoonviridae*, com genoma de RNA segmentado. Os peixes infetados manifestam letargia, perda do comportamento de cardume, natação anormal, anorexia, palidez corporal, lesões na pele e distúrbios oculares graves, como opacidade da córnea e olhos saltados. Sendo altamente contagiosa, a doença atinge taxas de mortalidade de até 90% nas populações de tilápia, caracterizando-se internamente por necrose e formação de células sinciciais no cérebro, rins e fígado (Aich *et al.*, 2022).

A Necrose Infecciosa do Baço e do Rim (ISKNV) é causada por um megalocitivírus de DNA de fita dupla e simetria icosaédrica pertencente à família *Iridoviridae*, cujo genoma extenso codifica diversas proteínas funcionais. O vírus afeta uma ampla variedade de peixes marinhos e de água doce, gerando elevadas taxas de mortalidade e sérios prejuízos econômicos ao induzir a necrose de tecidos vitais, especialmente do baço, rim e trato gastrointestinal, além de atingir o fígado, coração e brânquias. Ao nível celular, a patologia desencadeia a morte do hospedeiro por meio de mecanismos combinados de apoptose e necrose secundária, resultantes de danos mitocondriais e de um desequilíbrio nas proteínas da família Bcl-2 (Chen *et al.*, 2022).

A Necrose Nervosa Viral (VNN), ou encefalopatia e retinopatia viral, é provocada pelo vírus da necrose nervosa (NNV), um agente não envelopado da família *Nodaviridae* com genoma de RNA segmentado, cujas cepas se relacionam ao genótipo RGNNV. A infecção em alevinos de tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) causa graves distúrbios neurológicos, como natação em círculos e espirais, letargia, escurecimento da pele, perda de apetite e problemas oculares, incluindo opacidade da córnea e exoftalmia. A doença apresenta um impacto severo na aquicultura devido ao seu alto contágio, provocando taxas de mortalidade em massa que variam de 70% em criações comerciais a 100% em infecções experimentais (Taha *et al.*, 2020).

O Parvovírus da Tilápia (TiPV) é um patógeno emergente associado a surtos severos e altos índices de mortalidade (entre 75% e 90%) em criações de tilápias na Ásia. O agente causador é um vírus não envelopado de DNA de fita simples, cujo genoma possui dois quadros de leitura principais que codificam proteínas estruturais e não estruturais. Clinicamente, as tilápias afetadas exibem hemorragias, úlceras e vermelhidão na superfície do corpo e nadadeiras, além de lesões internas severas no fígado, rins, baço e intestinos. Em análises laboratoriais *in vitro*, a infecção viral evidencia-se pela indução de efeitos citopáticos severos nas células do hospedeiro, tais como o encolhimento, fusão e vacuolização celular (Kumar *et al.*, 2025).

Na Tabela 1, estão resumidas informações sobre agente etiológico, sintomas clínicos e sinais comportamentais das principais doenças bacterianas em peixes. Na Tabela 2 estão resumidas informações sobre agente etiológico, sintomas clínicos e sinais comportamentais das principais doenças virais em peixes.

Tabela 1 - Principais bacterioses de interesse aquícola em peixes tropicais: etiologia e sintomatologia clínica

Doença	Agente etiológico	Sintomas clínicos e sinais comportamentais	Ocorrência no Brasil
Estreptococose ¹	<i>Streptococcus agalactiae</i>	Letargia, perda de equilíbrio e natação errática em círculos. Escurecimento corporal, exoftalmia ("olhos saltados") e opacidade da córnea. Lesões cutâneas e musculares semelhantes a abscessos. Hemorragias difusas ao redor da boca, opérculo e na base das nadadeiras, acompanhadas internamente por ascite (acúmulo de líquido na cavidade abdominal).	Sim
Estreptococose ²	<i>Streptococcus iniae</i>	Sinais neurológicos marcantes (perda de equilíbrio, natação em espiral), lesões cutâneas ulcerativas profundas, exoftalmia unilateral ou bilateral, necrose do pedúnculo caudal.	Sim
Septicemia hemorrágica móvel ³	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Alterações comportamentais como letargia, anorexia e natação lenta. Hiperemia, petéquias na pele, boca e base das nadadeiras, lesões ulcerativas e escamas erigidas. Exoftalmia com olhos hemorrágicos e brânquias pálidas (anemia).	Sim
Pseudomonose ⁴	<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>P. chlororaphis</i> , <i>P. anguilliseptica</i>	Necrose das nadadeiras (podridão das nadadeiras). Sinais septicêmicos muito similares aos da septicemia por <i>Aeromonas</i> , incluindo hemorragias na pele, exoftalmia e acúmulo de líquido abdominal	Sim
Columnariose ⁵	<i>Flavobacterium columnare</i>	Lesões esbranquiçadas ao redor da nadadeira dorsal que lembram uma sela de montaria. Outros sinais incluem erosão das nadadeiras (especialmente caudal e dorsal), letargia, anorexia e necrose do tecido muscular. Brânquias, com áreas pálidas ou amareladas com produção excessiva de muco e fusão dos filamentos branquiais	Sim
Vibriose / Doença do olho branco ³	<i>Vibrio spp.</i>	Opacidade total ou parcial do cristalino do olho (cegueira funcional), ulcerações cutâneas profundas e extensas expondo a musculatura lateral, enterite hemorrágica acentuada.	Sim
Edwardsielose ⁶	<i>Edwardsiella tarda</i>	Vermelhidão na boca, gastroenterite hemorrágica e esplenomegalia. Corrimento amarelado pelo ânus, muitas vezes acompanhado de prolapso retal.	Sim
Franciselose ⁷	<i>Francisella noatunensis</i> subsp. <i>orientalis</i> (FNO)	Letargia; anorexia, natação errática, escurecimento do tegumento cutâneo, exoftalmia, ascite, presença de múltiplos nódulos esbranquiçados (granulomas) no baço, rim cranial e fígado, esplenomegalia e nefromegalia.	Sim
Nocardiose ⁸	<i>Nocardia spp.</i>	Nódulos e granulomas amarelados ou esbranquiçados espalhados na pele, musculatura, fígado, rim e baço; distensão abdominal marcante; emaciação crônica (peixe 'faca'); deformidades na coluna vertebral.	Sim

Fonte: 1- Figueiredo *et al* (2006); 2 - Tavares; Figueiredo; Leal (2014); 3- Cavalli *et al* (2021); 4 – Castilho (2012); 5 – Barony (2014); 6 - Albinati (2006); 7 - Assis *et al* (2017); 8- Zhang (2024).

Tabela 2 - Principais viroses de interesse aquícola em peixes tropicais: etiologia e sintomatologia clínica

Doença	Agente etiológico	Sintomas clínicos e sinais comportamentais	Ocorrência no Brasil
Vírus da Tilápia do Lago (TiLV) ¹	<i>Tilapia tilapinevirus</i>	Letargia severa, perda de apetite, nado errático na superfície, lesões e úlceras cutâneas profundas, descamação severa, opacidade de córnea (catarata unilateral ou bilateral) e exoftalmia.	Não
Vírus da Necrose Infecciosa do Baço e do Rim (ISKNV) ²	<i>Infectious spleen and kidney necrosis virus (família Iridoviridae)</i>	Melanose acentuada (escurecimento da pele), letargia, palidez branquial indicativa de anemia severa, exoftalmia, ascite pronunciada (distensão abdominal), palidez visceral, esplenomegalia e hepatomegalia.	Sim
Necrose Nervosa Viral (VNN) ³	<i>Betanovirus (Nervous necrosis virus - NNV)</i>	Sinais neurológicos agudos incluindo nado em espiral ou rodopio, perda total de equilíbrio, hiperexcitabilidade a estímulos externos, escurecimento corporal e vacuolização celular na retina e no sistema nervoso central.	Sim
Necrose Pancreática Infecciosa (IPNV) ⁴	<i>Infectious pancreatic necrosis virus (família Birnaviridae)</i>	Nado em saca-rolhas (espiral vertical), distensão abdominal crônica, exoftalmia, petéquias e hemorragias na base das nadadeiras e região ventral, além de palidez acentuada no fígado e órgãos anexos.	Não

Fonte: 1- Aich *et al.* (2022); 2 – Chen *et al.* (2022); 3- Taha *et al.* (2020); 4 – Kumar *et al.* (2025)

3.4 Probióticos e sua relação com a sanidade dos peixes

O fortalecimento da biossegurança na piscicultura prioriza, além das medidas convencionais, o uso de ferramentas profiláticas, a exemplo da vacinação e de probióticos, que reduzem a necessidade de intervenções terapêuticas com antimicrobianos (Chagas; Maciel; Aquino-Pereira, 2015).

Ainda sob o viés da prevenção, segundo as descobertas de Hoseinifar *et al.*, (2018), os probióticos são aditivos microbianos que beneficiam o hospedeiro pela modulação da microbiota intestinal. Na aquicultura, a definição estabelecida pela FAO e pela OMS (2001) é expandida para abranger organismos vivos, mortos ou componentes celulares, administrados via ração ou na água, com o objetivo de elevar a resistência a enfermidades, o desempenho zootécnico e o vigor dos animais. Esses agentes configuram-se como uma alternativa sustentável aos antibióticos, cujo uso enfrenta restrições regulatórias severas e efeitos colaterais.

O modo de ação dos probióticos envolve o fortalecimento da resposta imune por meio da ativação de macrófagos e linfócitos, a exclusão competitiva de patógenos nos sítios de

fixação intestinal, a produção de compostos antibacterianos, como bacteriocinas e ácidos orgânicos, e a competição por nutrientes essenciais, a exemplo do ferro. Adicionalmente, a utilização de bactérias do gênero *Bacillus* promove a melhoria da qualidade da água e otimiza a digestão do alimento pela liberação de enzimas extracelulares (Abualreesh, 2026).

Diante do rápido crescimento da aquicultura industrial e do elevado risco de epidemias catastróficas causadas por práticas de cultivo em alta densidade, o uso de probióticos consolidou-se nas últimas décadas como uma estratégia fundamental para a sustentabilidade do setor (Wen *et al.*, 2026). O emprego desses aditivos emergiu como uma das vias mais promissoras para mitigar estressores ambientais, combatendo a resistência antimicrobiana e a melhora do ambiente aquático (Veedu; Thomas, 2026). Ao promoverem a melhora no desempenho de crescimento, na eficiência alimentar e no fortalecimento do sistema imunológico, essas substâncias asseguram a produtividade e a saúde dos organismos cultivados (Abualreesh, 2026).

A suplementação com probióticos aumenta as defesas do sangue — como os glóbulos brancos e a atividade da lisozima —, protegendo os peixes contra doenças em criações intensivas (Opiyo *et al.*, 2019). No intestino, esses agentes protegem a mucosa ao aumentar o tamanho das vilosidades e o número de células caliciformes), melhorando a absorção dos alimentos e evitando infecções (Mello *et al.*, 2013). Na criação de tilápias em tanque-redes, o uso de *Bacillus* reduziu a quantidade de vírus e a mortalidade por TiLV, ativando genes de defesa antiviral como *ifn-γ* e *il-8* (Waiyamitra *et al.*, 2020). Além de fortalecer a saúde dos peixes, essa estratégia aumenta o ganho de peso e o lucro do produtor, sendo uma excelente alternativa ao uso de antibióticos (Azevedo *et al.*, 2016).

O uso de probióticos é mais documentado em camarão (Vieira *et al.*, 2010; Ramírez *et al.*, 2013; Yu *et al.*, 2025) e peixes criados em viveiros (Farias, 2012; Silva *et al.*, 2021; Wu; Liu; Hu, 2021). Já em peixes cultivados em tanques-rede os estudos são escassos e merecem ser investigados.

4.2 Instalações do experimento

As instalações experimentais consistiram em 08 tanques-rede de engorda – TRE (Figura 2), confeccionados em tela de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), com malha de 19 mm, volume total de 30 m³ (4x3x2,5 m) e volume útil de 24 m³ (4x3x2 m). A estrutura de suporte dos TRE foi construída com tubos de aço galvanizado de 1 1/2 polegadas (uma polegada e meia) e como flutuador foram utilizadas 06 bombonas plásticas de 30 litros, fixadas em duas laterais de cada TRE, ficando 03 bombonas em cada lateral, posicionadas em lados opostos. A cobertura dos TRE foi feita com tela de nylon, com malha de 1,0 mm de abertura, ocupando 2/3 da área. O outro 1/3 da cobertura foi feita em forma de porta tipo basculante, confeccionada com tubos galvanizados e tela com malha de 19 mm, de forma a facilitar a observação dos peixes, oferta de ração e retirada de peixes mortos. Cada TER possuía um comedouro interno tipo saia, confeccionado em tela nylon com abertura de malha de cerca de 2 mm, ocupando dois terços da área superficial e ficando 60 cm abaixo e 40 cm acima da superfície.

Figura 2 – Vista dos tanques-rede experimentais utilizados na fase de engorda de tilápia (*O. niloticus*), fixados em cordas *longline*



Fonte: Aatoria (2025)

Os TRE foram fixados em cordas de nylon de 20 mm de espessura, ficando a uma distância aproximada de 1,0 m, um do outro, e disposto em forma de *longline*. No início de maio de 2025 os TRE foram desatrelados do *longline* e foram agrupados em formato de quadrado (Figura 3A e B). Tal medida se deu como forma de se preparar para eventuais alterações ambientais cíclicas que costumam ocorrer entre maio e julho. As alterações incluem inversão térmica da água, mudanças na pressão atmosférica e no regime de ventos e drástica

redução no oxigênio na água. No centro do quadrado foi colocado um aerador modelo chafariz, de 2,0 CV (Cavalo Vapor), de forma a ser acionado para promover aeração (Figura 3C), quando o oxigênio atingisse valores críticos. A distribuição em forma de quadrado permaneceu até o final de julho, de forma que, após o evento climático e melhora da qualidade da água, os TRE foram reorganizados em *longline*, permanecendo assim até o final do experimento.

Figura 3 – Vista dos tanques-rede experimentais utilizados na fase de engorda de tilápia (*O. niloticus*), agrupados em forma de quadrado e no centro do quadrado um aerador modelo chafariz de 2,0 CV em condição desligado (A e B) e em funcionamento (C)



Fonte: Aatoria (2025)

4.3 Animais experimentais e manejo

O estudo foi realizado durante a fase de engorda de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), linhagem Chitralada, apresentando peso médio inicial de $97 \pm 6,7$ g, os quais foram provenientes de tanques-rede berçários da Piscicultura. Os peixes foram estocados nos TRE, em uma densidade inicial de 41,67 peixes/m³, totalizando 1.000 peixes por TRE.

Os TRE numerados de 1 a 4 foram estocados com peixes provenientes de tanques-redes berçários que haviam recebido ração extrusada acrescida de probiótico, seguindo a mesma dose adotada na fase de engorda. Já nos TRE numerados de 5 a 8, foram estocados peixes provenientes de tanques-redes berçários que haviam recebido ração extrusada sem probiótico. Para povoar os TRE, os peixes dos tanques-rede berçários foram capturados aleatoriamente com auxílio de puçá, pesados para determinação da biomassa, contados e em seguida estocados nos respectivos tanques-rede de engorda. No total foram utilizados para povoar os TRE, 8.000 juvenis provenientes dos tanques-rede berçários.

Na fase de engorda os peixes foram alimentados com ração comercial extrusada, contendo 32% de proteína bruta, granulometria de 3 a 5; 4 a 6 e 6 a 8 mm, ofertada de segunda a sábado, em três tratos diários, exceto em períodos em que a concentração de oxigênio atingiu níveis críticos e o número de tratos diminuiu ou foi totalmente suspenso. O consumo de ração em cada tanque-rede foi monitorado para evitar falta ou desperdício de ração. No decorrer da fase de engorda foram utilizadas três marcas de ração (Samaria, Integral e Pratigi), de conformidade com a disponibilidade da piscicultura onde o estudo foi conduzido.

Após a estocagem no dia 17 de março de 2025, os peixes dos TRE 1 a 4 passaram a receber ração extrusada acrescida de probiótico BM-PRO + Selante PRO-MIX (50 g de BM-PRO + 3 g de PRO-MIX/10 kg de ração - RCPB). Já os peixes do tratamento controle (ração sem probiótico – TRE 5 a 8 - RSPB), no dia seguinte à estocagem, e em mais duas outras ocasiões (meses de maio e julho/2025), receberam ração extrusada acrescida do antibiótico Florfenicol (FF-50 Florfenicol 50%, pó oral, comercializado sob a marca Aquaflor®), na proporção de 4g/kg de ração, sendo este previamente diluído em óleo e em seguida incorporado à ração. Nos meses de março e maio, a ração medicada foi ofertada uma vez por dia, durante 6 dias consecutivos. Em julho a ração medicada foi ofertada uma vez por dia, durante 7 dias consecutivos. Os dois tratos restantes do dia foram feitos com ração sem antibiótico.

Para preparar a ração com probiótico, primeiro foi feito a ativação do selante PRO-MIX. Assim, 3,0 g do selante na forma de pó foi dissolvido em 1,0 L de água e misturado vigorosamente em liquidificador e depois a mistura foi transferida para um recipiente (bombona

plástica de 20 L). Seguindo-se a isto foi feito a hidratação do BM-PRO, dissolvendo 50,0 g do produto na forma de pó, em 1,5 L de água e misturando vigorosamente em liquidificador. Após a mistura o BM-PRO foi transferido para o recipiente contendo o selante PRO-MIX já diluído, a mistura foi agitada manualmente e deixado em repouso por 02 horas, para hidratação e ativação celular dos microrganismos. Decorrido esse tempo, a mistura gelatinosa foi incorporada manualmente a 10 kg de ração, tomando o cuidado de que todos os grânulos de ração ficassem totalmente revestidos. Após a incorporação a ração foi deixada a sombra para secar, por pelo menos 15 a 30 minutos e no máximo até 3 dias antes de ser ofertada aos peixes.

O BM-PRO apresentava a seguinte composição: *Bacillus subtilis* (mínimo): $5,0 \times 10^8$ UFC/g (UFC = Unidades Formadoras de Colônias); *B. licheniformis* (mínimo): $4,0 \times 10^8$ UFC/g; *B. pumilus* (mínimo): $4,0 \times 10^8$ UFC/g; *Lactobacillus plantarum* (mínimo): $2,0 \times 10^8$ UFC/g; *L. acidophilus* (mínimo): $1,0 \times 10^8$ UFC/g e *Saccharomyces cerevisiae* (mínimo): $4,0 \times 10^8$ UFC/g, resultando em um pool de micro-organismos totais de $2,0 \times 10^9$ UFC/g. O PRO-MIX apresentava a seguinte composição: Carboximetilcelulose Sódica (mínimo): 985 g/kg.

4.4 Variáveis analisadas

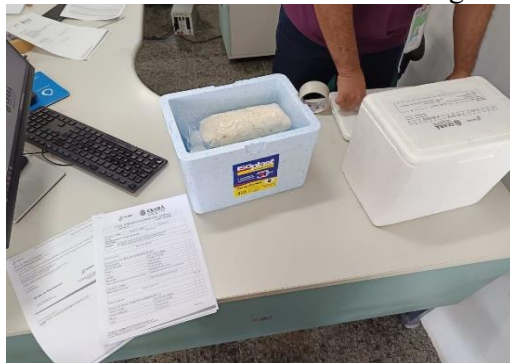
Aos 23 dias do início da fase de engorda (mês de abril); 51 (mês de maio); 86 (mês de junho); 128 (mês de julho); 157 (mês de agosto) e 189 dias (mês de setembro), 30 peixes de cada TRE foi retirado com auxílio de puçá, submetido a banho de imersão em água contendo sal (3 g/L) e eugenol (0,03 a 0,05 mL/L) onde permanecia por cerca de 1 a 2 minutos, para insensibilização. Feito isto, um peixe por vez foi retirado para determinação biométrica e observação de sinais clínicos externos que indicasse alguma anomalia de ordem sanitária. Diariamente, por ocasião do fornecimento de ração, foi feita anotação do número de peixes mortos em cada TRE, sendo estes imediatamente retirados e descartado em local apropriado.

No dia 15 de julho de 2025 foram coletadas amostras de água no interior dos tanques-rede e ao lado da balsa de apoio para análises microbiológicas para determinação quantitativa de coliformes termotolerantes, pela técnica de tubos múltiplos para o número mais provável (NMP) de microrganismos, seguindo metodologia descrita por Clesceri *et al.*, (1998). As amostras foram coletadas, acondicionadas em recipientes identificados e transportadas sob refrigeração (Figuras 4 a 9). As análises microbiológicas (Figuras 10 a 13) foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Água e Alimentos, pertencente ao Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará (NUTEC), com sede no *Campus* do Pici, em Fortaleza/CE.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (controle = ração sem probiótico – RSPB e experimental = ração com probiótico - RCPB), cada um com quatro repetições (tanques-rede).

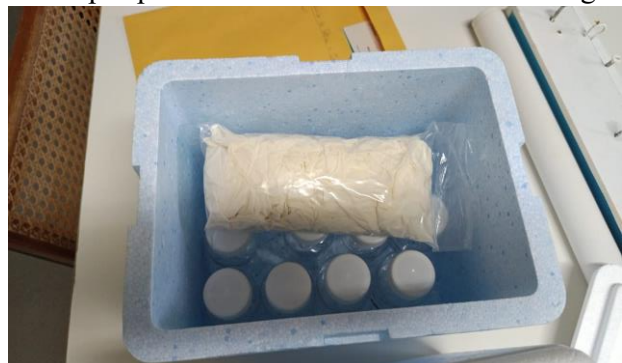
As análises estatísticas foram realizadas no BioStat 5.0 (AYRES *et al.*, 2007), através da análise de variância, considerando uma significância (α) de 5%. A comparação das médias foi feita pelo teste de Tukey, com base na diferença mínima significativa para $\alpha = 5\%$.

Figura 4 – Preparo do material para coleta e condicionamento de amostras de água



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 5 – Frascos identificados e acondicionados em isopor para uso na coleta das amostras de água



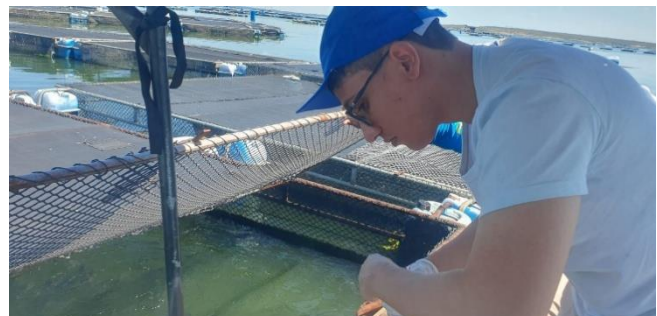
Fonte: Aatoria (2025)

Figura 6 – Tanques-rede de engorda de tilápia no açude Castanhão, local onde as amostras de água de 1 a 8 foram coletadas



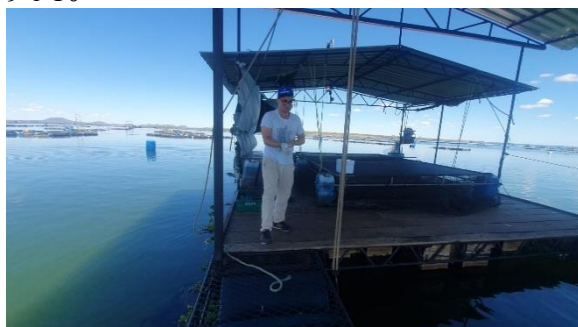
Fonte: Aatoria (2025)

Figura 7 – Momento da coleta de amostras de água em tanques-rede de engorda de tilápia no açude Castanhão



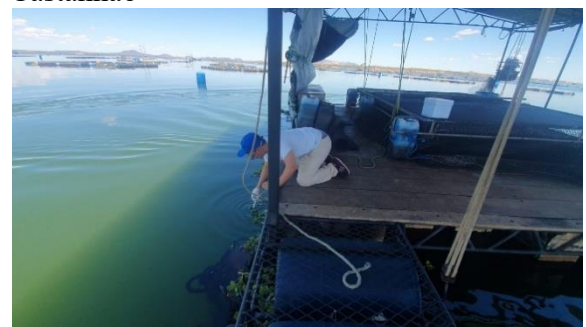
Fonte: Aatoria (2025)

Figura 8 – Balsa de apoio da Piscicultura, no Castanhão, local de coleta das amostras de água 9 e 10



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 9 – Momento da coleta de amostras de água na balsa de apoio da Piscicultura, no Castanhão



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 10 – Preparo das amostras de água para determinação quantitativa de coliformes termotolerantes



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 11 – Incubação de amostras à temperatura de $44,5 \pm 0,2$ °C para o teste confirmatório de organismos termotolerantes



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 12 – Exemplo de amostras não contaminadas (esquerda) e contaminadas (direita) com coliformes termotolerantes.



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 13 – Imagens da leitura do teste confirmatório para determinação de organismos termotolerantes em amostras de água coletadas no açude



Fonte: Aatoria (2025)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Condições de cultivo

A fase de engorda durou 189 dias e enfrentou uma condição de desafio relacionado as condições ambientais, situação essa registrada no final da segunda quinzena de junho e que se estendeu até a primeira quinzena de julho. A situação se caracterizou por alterações na pressão atmosférica, no regime de ventos e temperatura da água, levando a morte do plâncton, inversão térmica e queda acentuada no oxigênio dissolvido da água. O evento climático é um fenômeno sazonal, que pode ocorrer nos meses de maio até julho e, eventualmente, em meados do segundo semestre. A mudança da disposição linear dos TRE, para a disposição em formato de quadrado no mês de maio e uso de aeração emergencial em final de junho e início de julho, se deu como forma de enfrentamento ao fenômeno e tentativa de minimizar as perdas que outrora levava a mortandades severas, fato amplamente documentado em meios de comunicação nos anos de 2013 a 2019 (Seafood Brasil, 2016; Crispim, 2019; Brasil, 2019; G1, 2019).

Durante a condição de desafio, os aeradores foram acionados por cerca de duas semanas seguidas, chegando a ser mantidos em funcionamento a noite toda e nas primeiras horas da manhã. Por vezes também foi necessário manter os aeradores em funcionamento durante todo o dia. Após esse período, as concentrações de oxigênio foram se restabelecendo gradativamente e no dia 28/07/2025, os tanques-rede voltaram a distribuição linear. No dia 14/08/2025, os tanques-rede foram rebocados para outra área do açude (área da ACRITICA - Associação dos Criadores de Tilápia do Castanhão), onde a água foi considerada de melhor qualidade.

5.2 Microrganismos termotolerantes

A análise da densidade de coliformes termotolerantes ocorreu logo depois do fenômeno que leva a alterações nas condições ambientais. De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$) e entre estes e a balsa, de forma que foram registrados médias de $485,00 \pm 302,49$ NMP/100 mL no grupo suplementado com probiótico (RCPB) e $680,00 \pm 455,85$ NMP/100 mL no grupo controle (RSPB). Na balsa (CONTr - local sem peixe e usado como controle branco) foi registrado 230 NMP/100 mL. Os valores médios ficaram abaixo do limite máximo de 1.000 NMP/100 mL estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para corpos d'água

enquadrados na Classe 2, destinadas a recreação, e acima do limite de 200 NMP por 100 mL para as águas de Classe 1, destinadas ao consumo humano (Brasil, 2005). Todavia, registrou-se desconformidade no TRE 7 (RSPB), cujo valor atingiu 1.300 NMP/100 mL, extrapolando o limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º 357/2005. Digno de registro foi a variação entre TRE de um mesmo tratamento, fato que certamente contribuiu para não ser registrado diferença entre tratamentos. Também importante destacar que o valor registrado na balsa foi semelhante aos registrados no interior de três dos 08 TRE.

Tabela 3 - Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) em água coletada na área em volta da balsa de apoio (CONTR), e no interior de tanques-redes de engorda instalados no açude Castanhão (Jaguaribara – CE) e povoados com tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB). Média $\pm$ DP. Medias seguidas por letras iguais, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste t.

Variável	Local de leitura								Balsa
	RCPB				RSPB				
	TRE1	TRE2	TRE3	TRE4	TRE5	TRE6	TRE7	TRE8	
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	220	790	230	700	490	700	1300	230	230
	485,00 ± 302,49a				680,00 ± 455,85a				
De acordo com a Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005, para a classes 2 de águas doces que podem ser destinadas à aquicultura.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO	SIM	SIM
	Norma legal CONAMA 357								
	<1000/100mL								

Fonte: Autoria (2026)

Os valores médios de coliformes termotolerantes registrados no presente trabalho estiveram dentro da faixa registrada (< 30 a 930 NMP/100 mL) por Gorlach-Lira *et al.*, (2013) em uma área de um reservatório com cultivo de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) em tanques redes. Os autores registraram variações sazonais e dentro do próprio reservatório, com valores mais baixos, ou mesmo não detectado, em locais antes e após a área onde os tanques-rede se encontravam.

De acordo com citações feitas por Tavares (2021), os coliformes termotolerantes, anteriormente conhecidos como coliformes fecais, são um subgrupo dos coliformes totais com a particularidade de fermentar a lactose, produzindo ácidos e gases em temperaturas elevadas, entre 44 e 45,5 °C. Edberg *et al.* (2000) relatam que a principal representante desse grupo é a bactéria *Escherichia coli* (*E. coli*), que reside naturalmente no trato intestinal de humanos e animais. Por essa razão, a detecção de coliformes termotolerantes em amostras de água é um indicador crítico de falhas no processo de higiene e, consequentemente, de uma possível contaminação de origem fecal. A presença desses microrganismos alerta para o risco de

contaminação por outros patógenos intestinais que possam ter sido introduzidos junto com o material fecal. É importante notar que essa análise tem limitações, pois o grupo também inclui outras espécies, como *Enterobacter* e *Klebsiella*, que podem ser encontradas em ambientes não fecais, o que pode levar a interpretações ambíguas sobre a origem da contaminação.

Importante destacar que o monitoramento contínuo da qualidade da água assegura a proteção da saúde pública e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos, reforçando o papel do profissional em garantir a segurança e a produtividade da cadeia produtiva (Bartram; Pedley, 1996).

5.3 Aspectos sanitários dos peixes

No decorrer do período do estudo foram registrados os seguintes sinais clínicos indicativos de debilidades nos peixes: lesões na visão tais como opacidade, hemorragia e perda total do globo ocular; perda de escamas; nadadeiras com aspecto desfiado/roído ou com lesões, aqui identificadas como erosão das nadadeiras; nadadeiras com deformações; lesões circulares de aspecto hemorrágico com necrose de tecidos, com cerca de 1,0 cm de diâmetro, em diferentes regiões do corpo; escoliose, nódulo (caroço) subcutâneo, escurecimento cutâneo (escurecimento do corpo) e manchas hemorrágicas de extensão maior que 2 cm (hiperemia cutânea) de aspecto circular ou irregular na região ventral ou em outras partes do corpo; além de deformidades específicas do tipo ventral, caudal e bucal, conforme ilustrados nas Figuras 14 a 17.

Figura 14 - Exemplares de tilápia apresentando escurecimento cutâneo e lesões na visão, tais como exoftalmia e opacidade do olho (A), hemorragia (B) e perda total do globo ocular (C)



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 15 - Exemplares de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) apresentando escurecimento cutâneo e perda de escamas (A); perda de escamas, erosão das nadadeiras e escurecimento do corpo (B e C), deformação de nadadeira peitoral, erosão de nadadeiras e manchas hemorrágicas na região anal (D)



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 16 - Exemplares de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) apresentando escurecimento cutâneo, hemorragia na região ventral do corpo, erosão de nadadeiras, lesões circulares na base da nadadeira caudal (A), lesões circulares na região lateral ventral da cabeça (B) e circulares ou irregulares espalhadas pelo corpo (C) e ecoliose (D)



Fonte: Aatoria (2025)

Figura 17 – Exemplar de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) apresentando nódulo subcutâneo na região caudal (A e B)



Fonte: Aatoria (2025)

De acordo com as inspeções, a realizada em abril de 2025, correspondente ao período inicial do cultivo (23 dias), revelou uma menor ocorrência de sinais clínicos indicativos de debilidades (Tabela 4). Assim, foram registrados cinco sinais clínicos evidentes - perda do olho; olho hemorrágico; lesões circulares ocasionais no corpo e machas hemorrágicas no corpo e comportamento letárgico. O comportamento letárgico, foi registrado em um peixe já em estado moribundo no TRE1 e outro no TRE5, sendo estes retirados e devidamente descartados. Um total de 09 peixes lesionados foi registrado no RCPB e de 02 peixes lesionados nos TRE do RSPB. Importante recordar que os peixes dos TRE 5 a 8 (RSPB) receberam ração medicada com Florfenicol na primeira semana após a estocagem, fato que certamente contribuiu para uma menor manifestação de doenças nos peixes desse grupo, no primeiro mês após o povoamento.

Tabela 4 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 09/04/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda. – Indica ausência de registro

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB				RSPB			
	TRE1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Lesões circulares no corpo	1	1	-	-	-	-	-	-
Machas hemorrágicas no corpo	-	1	-	-	-	-	-	-
Olho hemorrágico ou opaco	-	-	-	-	-	-	1	-
Peixe moribundo (descartado)	1	-	-	-	1	-	-	-
Perda de olho	1	2	1	-	1	-	-	-
Total de peixe acometido	3	4	2	0	1	0	1	0

Fonte: Aatoria (2026)

A inspeção de maio de 2025, feitas aos 57 dias do início do cultivo (Tabela 5), indicou que além de lesões oculares (perda do olho, opacidade ou hemorragia de córnea), surgiram pela primeira vez registros de erosão de nadadeiras (sinal clínico mais frequente), lesões circulares próximas a boca e no corpo e perdas de escamas. Os peixes dos TRE 5 a 8 (RSPB) somaram um maior número de evidências clínicas de debilidade (13), em comparação com os dos TRE 1 a 4 (RCPB - 02 peixes com lesões). Também importante notificar que no mês de maio, os TER saíram da distribuição linear e foram agrupados em um quadrado e na ocasião os peixes do RSPB foram novamente medicados com antibiótico.

Tabela 5 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 07/05/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda. – Indica ausência de registro

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB				RSPB			
	TRE1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Erosão de nadadeiras	-	-	-	-	-	5	1	1
Lesões circulares no corpo	-	-	-	-	1	-	-	-
Lesões circulares próximo a boca	-	-	-	1	-	-	-	-
Olho hemorrágico ou opaco	-	-	-	-	1	-	1	-
Perda de escama	-	-	-	-	2	-	-	-
Perda do olho	1	-	-	-	-	-	-	1
Peixe moribundo (descartado)	-	-	-	-	-	-	-	1
Total de peixe acometido	1	0	0	1	4	5	1	3

Fonte: Aatoria (2026)

Na inspeção aos 86 dias (junho/2025), o espectro de sinais clínicos aumentou para 07 e também aumentou o número de peixes acometidos. Assim, foram registrados 09 casos para os peixes do RCPB e 18 casos para os do RSPB. O TRE 6 permaneceu como o mais acometido, com 08 lesões totais, sobretudo erosão de nadadeiras (6 casos) e cegueira (2 casos).

Tabela 6 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 11/06/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda. – Indica ausência de registro

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB					RSPB		
	TRE1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Erosão de nadadeiras	-	-	1	1	1	6	-	-
Lesões circulares no corpo	-	-	-	-	-	-	2	2
Lesões circulares próximo a boca	-	-	-	-	1	-	2	-
Machas hemorrágicas no corpo	1	3	1	-	-	-	-	-
Olho hemorrágico ou opaco	-	1	-	-	-	-	-	-
Perda de escama	-	-	-	-	3	-	-	-
Perda do olho	-	-	-	-	-	2	-	-
Total de peixe acometido	1	4	2	2	4	8	4	2

Fonte: Aatoria (2026)

A inspeção feita em julho de 2025, aos 128 dias do início da engorda (Tabela 7), representou o ponto de maior diversidade e frequência de sinais clínicos dentre todas as avaliações realizadas (RSPB = 63 e RCPB = 45). As perdas de escamas tornaram-se o sinal mais prevalente e generalizado, registradas em todos os oito tanques, com frequências que variaram de 2 (TRE 8) a 12 (TRE 5) peixes com este sintoma por tanque. Escurecimento do corpo; escoliose; lesões próximas a boca, em nadadeiras e em outras partes do corpo; perda do globo ocular ou outras anormalidades oculares e erosão de nadadeiras também foram documentadas em múltiplos tanques.

Tabela 7 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 23/07/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda. – Indica ausência de registro

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB					RSPB		
	TRE1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Erosão de nadadeiras	-	-	-	-	1	12	-	-
Escoliose	-	-	1	-	-	-	-	2
Escurecimento corpo	-	-	-	-	-	1	-	-
Lesões circulares próximo a boca	-	-	-	1	1	2	-	-
Lesões circulares no corpo							1	
Machas hemorrágicas no corpo	1	3	2	3	4	1	6	1
Olho hemorrágico ou opaco	-	-	-	1	-	-	-	-
Perda de escama	9	10	7	5	12	10	2	4
Perda do olho	-	1	2	-	1	2	-	-
Total de peixe acometido	10	14	11	10	19	28	9	7

Fonte: Aatoria (2026)

Na inspeção do mês de agosto de 2025, feita aos 157 dias do início da fase de engorda (Figura 7), o grupo RSPB manteve o padrão de maior frequência e diversidade de lesões, com um total de 57 notificações, contra 13 notificações do grupo RCPB. O TRE 6 apresentou o maior número total das lesões (26 lesões) e multimorbidades (quando um peixe apresenta mais de um sinal clínico), seguido pelos TRE 5 (11 lesões), 7 e 8 (ambos com 10 lesões). O grupo RCPB registrou totais substancialmente menores: TRE 1 (2), TRE 2 (5), TRE 3 (1) e TRE 4 (5). Os sinais mais prevalentes na inspeção de agosto foram erosão de nadadeiras com um total de 31 ocorrências — predominante no TRE 6, com 17 ocorrências — seguida de lesões próximas a boca e espalhadas pelo corpo (20 ocorrências) e perda de escama (11 ocorrências).

Tabela 8 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 21/08/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda. – Indica ausência de registro

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB				RSPB			
	TRE1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Deformação no ventre	-	-	-	-	-	2	-	-
Erosão de nadadeiras	1	-	-	-	2	17	5	6
Lesões circulares próximo a boca	1	3	-	-	3	3	-	-
Lesões circulares no corpo	-	2	1	4	-	-	2	1
Machas hemorrágicas no corpo	-	-	-	-	-	1	-	-
Nódulo subcutâneo	-	-	-	-	-	-	1	-
Olho hemorrágico ou opaco	-	-	-	-	-	-	1	-
Perda de escama	-	-	-	-	5	3	1	2
Perda do olho	-	-	-	1	1	-	-	1
Total de peixe acometido	2	5	1	5	11	26	10	10

Fonte: Aatoria (2026)

Ainda em agosto é notificado pela primeira vez a presença de um peixe com nódulo subcutâneo (Figura 17). A análise macroscópica revelou um nódulo subcutâneo saliente e bem delimitado na região dorso-lateral posterior, estendendo-se até o pedúnculo caudal e a base da nadadeira anal. Externamente, a formação provocou o desalinhamento e a perda focal de escamas. À incisão, a massa expôs um tecido superficial hiperêmico, lobulado e avermelhado, compatível com uma reação inflamatória crônica ou tecido de granulação. Internamente, observou-se um conteúdo heterogêneo: a liberação de um material pastoso e esbranquiçado com aspecto purulento e, em planos mais profundos, uma estrutura compacta vermelho-escura.

A última inspeção foi realizada em setembro de 2025, aos 189 dias do início da engorda, e confirmou a manutenção do padrão de maior comprometimento sanitário no grupo

RSPB. O TRE 6 permaneceu como o tanque mais acometido, com 19 lesões totais, seguido do TRE 7 (9 lesões) e do TRE 8 (6 lesões), totalizando 38 lesões no grupo RSPB. No grupo RCPB, os totais foram: TRE 1 (3); TRE 2 (4); TRE 3 (2) e TRE 4 (1), totalizando 10 lesões — diferença de 3,8 vezes entre os grupos.

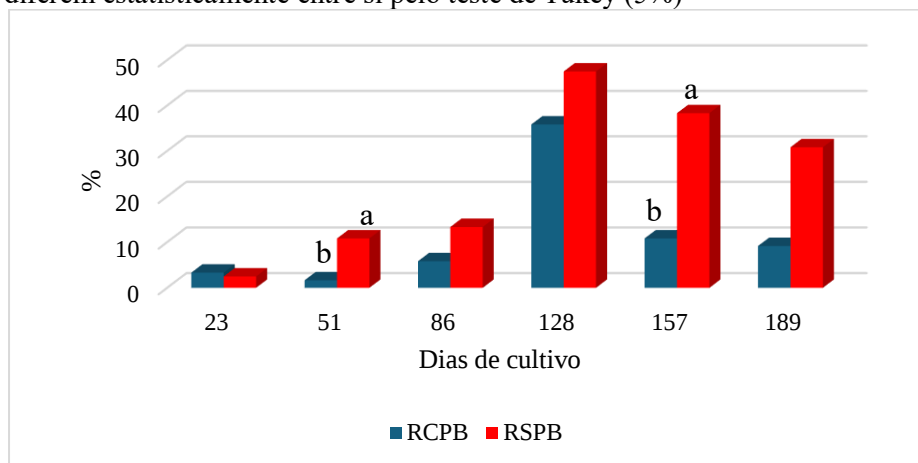
Tabela 9 – Frequência de sinais clínicos observados em uma amostra de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) coletada no dia 22/09/2025, em tanques-rede no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. TRE = tanque-rede de engorda

SINAIS CLÍNICOS	Nº DE PEIXES ACOMETIDOS							
	RCPB				RSPB			
	TRE 1	TRE 2	TRE 3	TRE 4	TRE 5	TRE 6	TRE 7	TRE 8
Deformação bucal	-	-	1	-	-	-	1	1
Deformação caudal	-	1	-	-	-	-	-	-
Erosão de nadadeiras	2	-	-	-	1	13	2	1
Escurecimento corpo	-	-	-	-	1	-	-	-
Lesões circulares próximo a boca	-	-	-	-	-	-	2	1
Machas hemorrágicas no corpo	1	-	-	-	-	-	1	1
Olho hemorrágico ou opaco	-	-	-	-	-	1	-	-
Perda de escama	-	-	-	1	2	3	-	-
Perda do olho	-	3	1	-	-	2	3	2
Total de peixe acometido	3	4	2	1	4	19	9	6

Fonte: Autoria (2026)

Em se tratando dos índices percentuais de peixes apresentando sinais clínicos de debilidade, dentre os peixes amostrados em cada biometria (Figura 18), verifica-se que houve um aumento gradativo de peixes debilitados dos 23 aos 128 dias de cultivo (abril a julho) e mesmo após o pico em julho, os índices se mantiveram acima dos registrados em abril, maio e junho (23; 51 e 86 dias, respectivamente). Também pode-se observar que, a partir dos 51 dias de cultivo, os peixes do RSPB apresentaram sinais clínicos de debilidades mais acentuado que os do RCPB, embora do ponto de vista estatístico, diferenças significativas só ocorreram aos 51 e 157 dias de cultivo ($P < 0,05$). Esse fato pode ser atribuído as variâncias desiguais entre tanques-rede de um mesmo tratamento.

Figura 18 – Índices (%) de sinais clínicos de debilidades dentro da amostra de 30 exemplares de tilápia (*O. nilóticos*), capturadas em cada biometria, ao longo do período de 189 dias de cultivo em tanques-rede instalados no açude Castanhão. RCPB = peixes alimentados com ração contendo probiótico e RSPB = peixes alimentados com ração sem probiótico. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (5%)



Fonte: Autoria (2026)

As lesões, sejam na cabeça, próximo a boca ou espalhadas pelo corpo apresentavam-se na maior parte de forma circular, com aspecto hemorrágico e com necrose tecidual, algumas mais superficiais e outras que adentravam abaixo da epiderme. Estes sinais, juntamente com manchas hemorrágicas concêntricas ou irregulares, em regiões delimitadas do corpo ou de forma mais abrangente, lesões na visão e perdas de escamas, são mais compatíveis com doenças de ordem bacteriana do que virais, conforme elencadas nas Tabelas 1 e 2.

Castilho (2012) e Cavalli *et al.* (2021) demonstram que a ocorrência de hemorragias petequeais subsidia o diagnóstico presuntivo de septicemia hemorrágica por *Aeromonas* spp. e/ou *Pseudomonas* spp. Na fase final do experimento (agosto e setembro), a sintomatologia caracterizada por erosão severa de nadadeiras que se manifestou de forma mais acentuada nos peixes do RSPB segundo Pilarski *et al.* (2011) e Barony (2014), constitui indicativo clínico clássico de columnariose (*Flavobacterium columnare*), bacteriose oportunista favorecida por elevadas concentrações de matéria orgânica e estresse crônico de manejo. É prudente no presente estudo ressaltar, conforme lembrado por Belem-Costa *et al.* (2021), que a sobreposição de manifestações clínicas exige a realização de análises laboratoriais complementares — notadamente isolamento bacteriano e reação em cadeia da polimerase (PCR) — para a confirmação precisa do agente patogênico envolvido.

Os achados também apresentaram uma estreita correlação com a descrição de Pavanelli, Eiras e Takemoto (2008) e Figueiredo *et al.* (2006) sobre a estreptococose (*Streptococcus agalactiae*), uma vez que as tilápias analisadas manifestaram sinais clínicos clássicos como exoftalmia hemorrágica, opacidade de córnea, escurecimento corporal

(melanose) e hemorragias na boca, opérculos e base das nadadeiras. Tais sintomas, somados à presença de lesões circulares de aspecto hemorrágico com necrose de tecidos subsidiam o diagnóstico presuntivo de bacterioses causadas por agentes como *Streptococcus* spp., especialmente em períodos de estresse ambiental (Barcellos, 2022). A erosão de nadadeiras, em particular, é frequentemente associada ao desequilíbrio da microbiota cutânea e intestinal (Legrand *et al.*, 2020) e sua maior prevalência no grupo sem probiótico sugere que a suplementação pode ter exercido efeito protetor sobre a integridade tegumentar dos animais.

A alta frequência de descamação, melanose e erosão de nadadeira sugere comprometimento tegumentar generalizado, que pode facilitar a entrada de patógenos oportunistas e elevar o risco de mortalidade, em consonância com os mecanismos descritos por Pilarski *et al.* (2004) para a patogênese de doenças bacterianas oportunistas em peixes.

A persistência do TRE 6 como o tanque mais acometido por debilidades ao longo de inspeções sucessivas pode refletir tanto fatores microambientais locais que levaram a estado crônico de estresse, quanto a uma condição de virulência prevalentemente mais severa, que não arrefeceu nem com a melhora das condições ambientais, nem com o tratamento antibiótico. A contaminação por um grupo de patógenos fora do espectro do antimicrobiano Florfenicol, também pode ser uma possibilidade, embora que, por compartilhar a mesma água com os demais tanques-rede e a origem do peixe ser a mesma, essa possa ser uma possibilidade mais remota.

É importante destacar que o pico de sinais de debilidade registrado no mês de julho (128 dias) coincidiu com o período pós desafio ambiental enfrentado pelos peixes, quando as concentrações de oxigênio dissolvido atingiram valores próximos a 0,0 mg/L. Também nesse período a alimentação dos peixes foi suspensa por 10 dias consecutivos e só retomou após o restabelecimento das concentrações de oxigênio na água do açude.

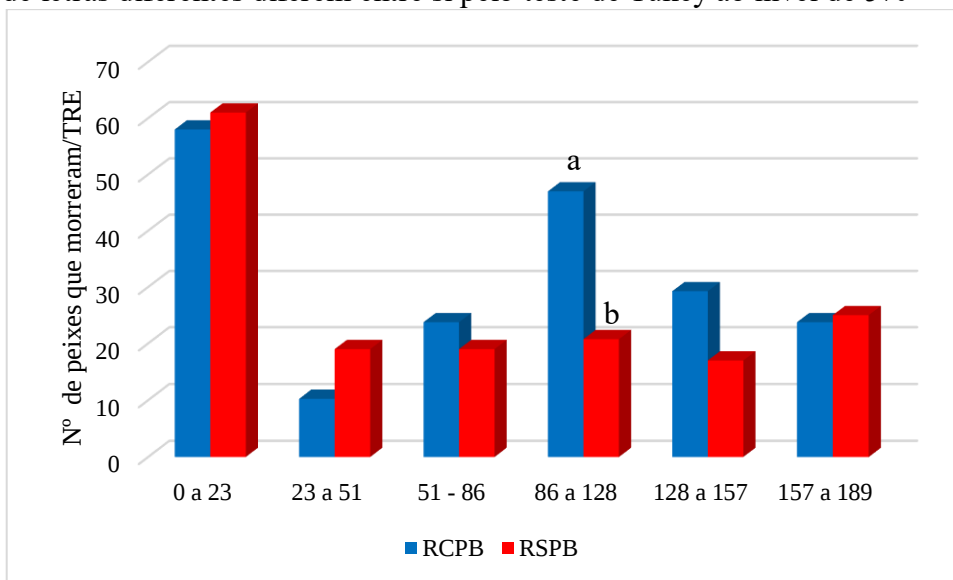
Nos meses de julho e agosto foram registrados múltiplos sinais clínicos em um mesmo espécime — condição que Merrifield *et al.* (2010) denominam como comprometimento imunológico sistêmico, associado à falha das barreiras de defesa inata e à susceptibilidade aumentada a infecções secundárias oportunistas.

Um menor número de sinais clínicos nos peixes do grupo recebendo ração com probiótico pode indicar o efeito modulador da suplementação probiótica sobre a microbiota e a resposta imune inata. Essa hipótese é sustentada por Ringo *et al.* (2010) e Hoseinifar *et al.* (2018), os quais demonstraram que a suplementação contínua de probióticos é capaz de modular qualitativamente a microbiota intestinal e cutânea de peixes teleósteos, reduzindo a colonização por patógenos oportunistas e fortalecendo as barreiras de proteção tegumentar. No presente

estudo, o probiótico mostrou ser capaz de restabelecer mais rapidamente a homeostase dos peixes, frente a desafios estressores de manejo durante a estocagem dos peixes no início do cultivo e de qualidade de água nos meses de junho/julho, ajudando a debelar mais rapidamente sinais clínicos de doenças nos peixes.

Em termos de mortalidade da tilápia-do-Nilo (*O. niloticus*) ao longo do período experimental, verifica-se dinâmicas distintas entre os dois tratamentos avaliados. Assim, conforme Figura 19, no primeiro intervalo biométrico (0 a 23 dias de cultivo = março a abril), ocorreu maior número de mortes (RSPB = 61 óbitos e RCPB = 58 óbitos). As mortalidades decresceram nos dois intervalos seguintes (23 a 51 – abril a maio e 51 a 86 dias – maio a junho), mas voltaram a aumentar dos 86 aos 128 dias (junho a julho), sendo maior ($P < 0,05$) para os peixes do RCPB. O número de mortes reduziu nos períodos seguintes (157 e 189 dias – agosto a setembro) e não foi diferente ($P > 0,05$) entre tratamentos com e sem probiótico, mas se manteve no patamar ou mesmo mais elevadas que as mortalidades registradas aos 51 e 86 dias.

Figura 19 – Média do número de exemplares de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), que morreram por tanque-rede (TRE) nos intervalos entre uma biometria e outra. Em uma mesma biometria, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%



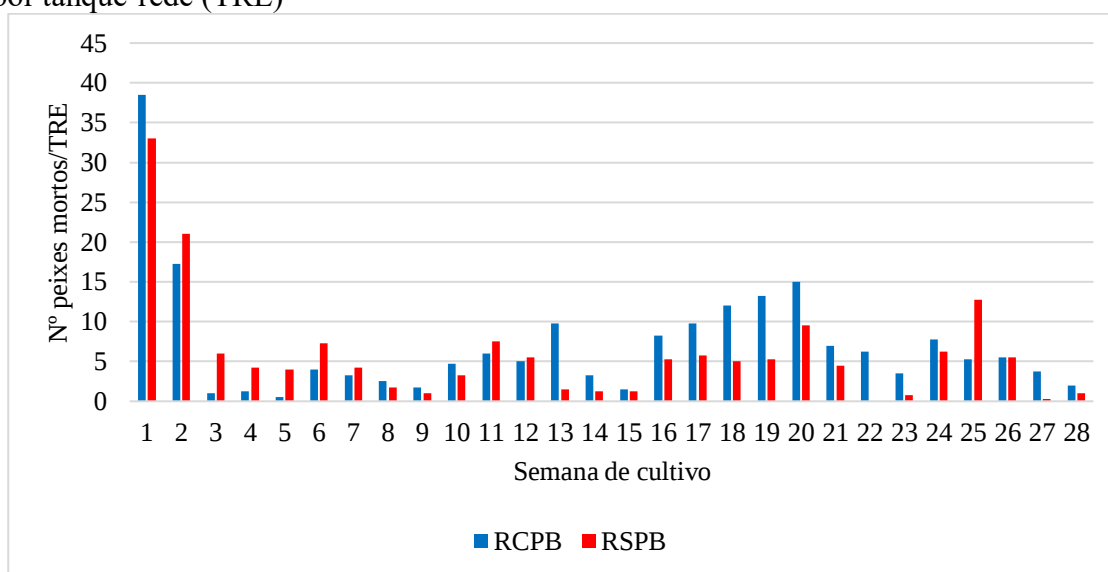
Fonte: Autoria (2026)

Na Figura 20, pode se observar que o maior número de mortes foi registrado nas duas primeiras semanas após a estocagem dos peixes nos tanques-rede. Ainda de acordo com a Figura 20, a partir da segunda semana, a mortalidade semanal de ambos os grupos declinou substancialmente, mantendo-se em patamares aceitáveis e variáveis até a semana 15 (cerca de

105 dias de cultivo), quando então voltou a aumentar na semana 16 e se manteve em níveis mais altos até a semana 20.

A maior mortalidade nas duas primeiras semanas é um padrão atribuível ao estresse de manejo que englobou captura, contagem e estocagem e adaptação ao ambiente de cultivo, semelhante aos achados de Oba; Mariano e Santos, (2009). O aumento da mortalidade a partir da semana 16 é atribuída ao efeito do estresse provocado pelas mudanças nas condições ambientais, que culminaram em déficit de oxigênio dissolvido na água. Tratando de efeitos do estresse Urbinati e Carneiro (2001), relatam que em condições de estresse, para restabelecerem o equilíbrio osmorregulatório, os peixes gastam energia extra, deprimindo a sua resistência e o seu sistema imunológico, tornando-os mais susceptível às doenças. Em condições de estresse mais duradouro (Barton, 2002; Urbinati; Carneiro, 2004; Oba; Mariano; Santos, 2009), funções como reprodução, crescimento e sanidade podem ser severamente afetadas.

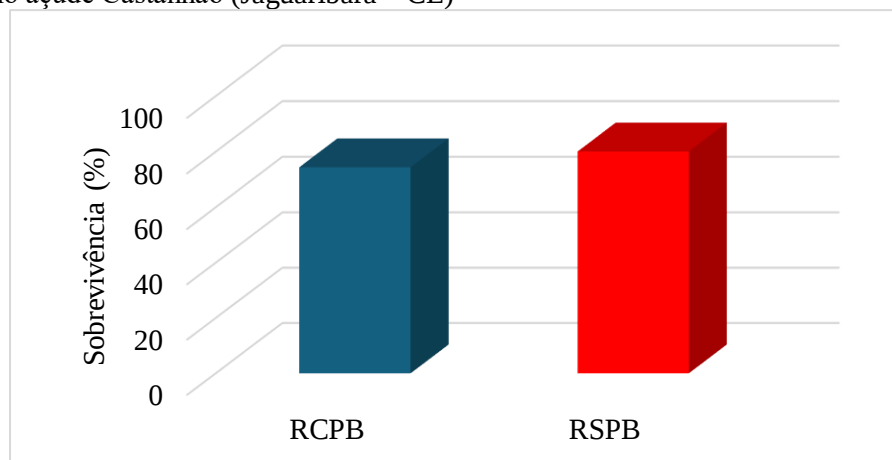
Figura 20 – Média do número de exemplares de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), que morreram semanalmente por tanque-rede (TRE)



Fonte: Aatoria (2026)

A sobrevivência dos peixes ao final de 189 dias da fase de engorda (Figura 21) ficou entre $74,38 \pm 6,74$ no RCPB a $80,05 \pm 7,11$ % RSPB, não diferindo entre os dois grupos ($P > 0,05$) e refletindo os desafios enfrentados pelos peixes. A taxa de sobrevivência registrado por Nascimento *et al.*, (2024) em uma das maiores empresas especializadas na produção de tilápia fica em torno de 70% para tilápias criadas em tanques-rede a partir de 1,5 g e chegando a 1.200 g ao final de 7 a 8 meses de cultivo. No presente estudo os peixes atingiram peso médio de $1.279,78 \pm 66,90$ g ao final da engorda.

Figura 21 – Taxa de sobrevivência de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) alimentadas com ração com probiótico (RCPB) e sem probiótico (RSPB), ao final de 189 dias de cultivo em tanques-rede instalados no açude Castanhão (Jaguaribara – CE)



Fonte: Autoria (2026)

Em um comparativo entre sinais clínicos e mortalidades, pode-se dizer que, de uma forma geral, o aumento de sinais clínicos começou a ser percebido, antes de aumento mais acentuado na mortalidade. Conforme demonstrado por Ringo *et al.* (2010), a progressão de sinais clínicos externos — especialmente lesões tegumentares e ulcerativas — em peixes de cultivo intensivo, frequentemente antecede e prediz elevações de mortalidade, funcionando como indicadores precoces de colapso imunológico passíveis de utilização como sinais de alerta para intervenções preventivas em sistemas de produção. A afirmativa dos autores reforça a iniciativa de administrar antibiótico aos peixes do grupo RSPB nos meses de abril, maio e julho, e justifica uma mortalidade menor nos peixes desse grupo.

Os dados do presente estudo também demonstram que o antibiótico foi decisivo em promover uma supressão temporária de mortalidades diante de agentes estressores agudos como manejo de despesca para transferências dos peixes dos tanques-rede berçários para os tanques de engorda e também frente as mudanças nas condições ambientais que levaram a déficit nas concentrações de oxigênio dissolvido na água. Por outro lado, a resiliência sanitária dos peixes alimentados com ração contendo probiótico, mantendo frequência de lesões consistentemente inferior ao grupo RSPB em todas as inspeções realizadas e sem nenhuma intervenção quimioterápica ao longo da fase de engorda, evidencia a eficácia da suplementação probiótica adotada. Assim, os peixes conseguiram se recuperar mais rapidamente dos agentes estressores, seja por apresentarem uma recuperação mais rápida da integridade sanitária, seja por reduzir mais rapidamente a mortalidade em casos de estresse agudo, mas de curta duração, como no manejo inicial para estocagem nos TRE.

Conforme Carnevali et al. (2004), a melhora no estado sanitário dos sobreviventes suplementados com probióticos é frequentemente acompanhada por aumento na atividade de enzimas de defesa e redução de marcadores inflamatórios, o que pode explicar a menor gravidade clínica observada no grupo RCPB mesmo nas fases mais críticas do cultivo, mesmo com um número relativo maior de mortes. Ringo (2010) e Hoseinifar *et al.*, (2018) afirmam que o uso de probióticos modula positivamente o sistema imune não específico e atua por exclusão competitiva de patógenos, tanto no trato digestório, quanto nos tecidos externos dos peixes. Essa estabilidade clínica representa, segundo Barcellos (2022), a alternativa mais viável para reduzir a dependência de antimicrobianos e mitigar o desenvolvimento de resistência bacteriana no setor aquícola.

6 CONCLUSÃO

A qualidade microbiológica da água em tanques-rede de cultivo de peixes, e nas suas proximidades, no mês de julho de 2025, se encontrava dentro dos padrões legais para coliformes termotolerantes.

Os peixes estudados apresentaram um conjunto de sinais clínicos indicativos de debilidades, que se intensificaram no mês de julho, em decorrência do déficit de oxigênio registrado em todo o açude.

A suplementação de probióticos na dieta da tilápia-do-Nilo cultivada em tanques-rede, mostrou-se uma opção profilática eficaz, promovendo maior resiliência sanitária ao reduzir a frequência de lesões e sinais clínicos de debilidade em comparação ao manejo sem o aditivo.

O diagnóstico presuntivo baseado em sinais clínicos, comportamento dos peixes e observações de campo, assume uma posição de indiscutível protagonismo e relevância para o controle sanitário imediato. Contudo, é imperativo ressaltar que o diagnóstico presuntivo não mitiga sua natureza provisória, tornando-o incapaz de substituir as análises laboratoriais confirmatórias.

Embora o uso de antimicrobiano tenha se mostrado decisivo para a supressão temporária de mortalidades em momentos de estresse agudo e de longa duração como o desafio ambiental que perdurou por semanas, os peixes tratados com probióticos mantiveram um status sanitário superior, sem a necessidade de intervenções quimioterápicas, o que evidencia a eficácia da biotecnologia na manutenção da homeostase e na recuperação dos animais frente a agentes estressores.

Para finalizar, recomenda-se testar outros protocolos de uso de probióticos, tais como diferentes doses e composição e o emprego em dietas para peixes após tratamento medicamentoso a base de antimicrobiano. É oportuno ressaltar que a implementação de boas práticas de cultivo, aliada à prontidão do diagnóstico presuntivo e rigor das validações laboratoriais, é fundamental para assegurar a biossegurança e a sustentabilidade da produção intensiva em águas continentais.

REFERÊNCIAS

- ABUALREESH, M. H. Effects of probiotics, prebiotics, and synbiotics on immune function, disease resistance, digestive health, and stress management in fish culture. **Frontiers in Marine Science**, [s.l.], v. 13, 1811972, p. 1-46, 2026.
- AICH, N. *et al.* Tilapia Lake Virus (TiLV) disease: current status of understanding. **Aquaculture and Fisheries**, Shanghai, v. 7, p. 7-17, 2022.
- ALBINATI, A. C. L. *et al.* Edwardsiellase em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 7, n. 2, p. 164-168, 2006. Disponível em: <http://www.rbspa.ufba.br>. Acesso em: 4 jun. 2026.
- ASSIS, G. B. N. *et al.* *Francisella* spp. in tilapias in Brazil: a review. **Aquaculture International**, [s.l.], v. 25, n. 4, p. 1543-1563, 2017.
- ASSIS, M. C.; FREITAS, R. R. Análise das práticas de biossegurança no cultivo de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em região estuarina no sudeste do Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], v. 12, n. 4, p. 559-568, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA (Peixe BR). **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2026**. 10. ed. São Paulo: Peixe BR, 2026. 105 p.
- AYRES, M. *et al.* **BioEstat 5.0**: aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. 5. ed. Belém: Sociedade Civil Mamirauá, 2007.
- AZEVEDO, R. V. de; *et al.* Suplementação com prebiótico, probiótico e simbiótico para juvenis de tambaqui a duas densidades de estocagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 1, p. 9-16, jan. 2016.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). **Panorama da piscicultura no Nordeste**. Fortaleza: BNB, 2016.
- BARCELLOS, L. J. G. **Manual de boas práticas na criação de peixes de cultivo**. Coordenação de Lizie Pereira Buss. Brasília, DF: MAPA/SDI, 2022. 170 p.
- BARONY, G. M. *et al.* Columnariose em peixes de água doce. In: **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 73. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2014. p. 20-32.
- BARTON, B. A. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. **Integrative and Comparative Biology**, [s. l.], v. 42, n. 3, p. 517-525, 2002.
- BARTRAM, J.; PEDLEY, S. Microbiological analyses. In: BARTRAM, J.; BALLANCE, R. (ed.). **Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes**. Londres: UNEP/WHO, 1996. cap. 10, p. 507-568.

BASTOS, R. K. X. *et al.* Subsídios à regulamentação do reúso da água no Brasil – utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e piscicultura. **Revista DAE**, n. 177, p. 50-62, maio 2008.

BELEM-COSTA, A. *et al.* **Protocolos para diagnóstico de doenças em peixes**. 1. ed. Curitiba: Appris, 2021. 103 p.

BRANDÃO, B. A solução testada: probiótico na ração. **Movimento Econômico**, [s. l.], 2025. Disponível em: <https://movimentoeconomico.com.br>. Acesso em: 1 jun. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 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, n. 53, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Fundação Joaquim Nabuco (FUNDAJ). Nova mortandade de pescado põe fim à atividade no Castanhão. Recife: Observa Fundaj, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/observa-fundaj/tecnologias-de-convivencias-com-as-secas/nova-mortandade-de-pescado-poe-fim-a-atividade-no-castanhao>. Acesso em: 13 jun. 2026.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim da Aquicultura em Águas da União – 2024**: relatório anual de produção. 6. ed. Brasília, DF: MPA, 2025. 162 p.

CARNEVALI, O. *et al.* Administration of probiotic strain to improve sea bream wellness during development. **Aquaculture International**, [s. l.], v. 12, n. 4–5, p. 377–386, 2004.

CASTILHO, I. G. **Qualidade microbiológica do ambiente e da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) produzida em sistema de tanques-rede no reservatório de Chavantes, SP**. 2012. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral e Aplicada) – Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

CAVALLI, L. S. *et al.* (org.). **Principais doenças infecciosas em camarões e tilápias na aquicultura**. Porto Alegre: SEAPDR/DDPA, 2021. 63 p.

CEARÁ. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Inventário ambiental do açude Castanhão**. Fortaleza: Banco Mundial/Governo do Estado do Ceará, 2011. 140 p. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br>. Acesso em: 23 jun. 2024.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH). **Relatório mensal de qualidade do Açude Castanhão: maio 2022**. Responsável técnico: Mário U. G. Barros. Fortaleza: COGERH, 2022. Disponível em: <http://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 18 jun. 2026.

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Portal Hidrológico do Ceará**. Fortaleza: COGERH, [2026]. Disponível em: <https://www.hidro.ce.gov.br/>. Acesso em: 15 jun. 2026.

CHAGAS, E. C.; MACIEL, P. O.; AQUINO-PEREIRA, S. L. Infecções por acantocéfalos: um problema para a produção de peixes. In: TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. S. (org.). **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. São Carlos: Editora Pedro & João, 2015. p. 305-328.

CHEN, P. H. *et al.* Infectious Spleen and Kidney Necrosis Virus (ISKNV) Triggers Mitochondria-Mediated Dynamic Interaction Signals via an Imbalance of Bax/Bak over Bcl-2/Bcl-xL in Fish Cells. **Viruses**, [s. l.], v. 14, n. 5, p. 922, 2022.

CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. (ed.). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Washington DC, 1998.

CRISPIM, M. **Prefeitura confirma morte de mais de 500 toneladas de tilápia no Castanhão**. Eco Nordeste, 12 fev. 2019. Disponível em: <https://agenciaeconordeste.com.br/recursos-hidricos/prefeitura-confirma-morte-de-mais-de-500-toneladas-de-tilapia-no-castanhao/>. Acesso em: 15 jun. 2026.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **Açude Castanhão: As linhas da história da maior barragem da América Latina**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/dnocs>. Acesso em: 21 jun. 2024.

EDBERG, S. C. *et al.* Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 88, p. 106S-116S, 2000.

FARIAS, T. H. V. **Probiótico na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*): avaliação hematológica, bioquímica, imunológica e desempenho produtivo**. 2012. 81 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura da UNESP, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2012.

FIGUEIREDO, H. C. P. *et al.* Streptococcus agalactiae associado à meningoencefalite e infecção sistêmica em tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 678-680, 2006.

FRANÇA, J. M. B. *et al.* Qualidade da água em um sistema de reservatórios em cascata – um estudo de caso no semiárido brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 503-515, 2021.

G1 CE. **Toneladas de peixes mortos são retiradas do açude Castanhão, no Ceará**. G1, 9 fev. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com>. Acesso em: 20 jun. 2026.

GORLACH-LIRA, K. *et al.* Influência da piscicultura em tanques-rede sobre os microrganismos indicadores da qualidade de água. **Brazilian Journal of Biology**, [s. l.], v. 73, n. 3, p. 457-463, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-69842013000300001>. Acesso em: 2 jul. 2026.

GRUBER, J. S.; ERCUMEN, A.; COLFORD JR., J. M. Coliform Bacteria as Indicators of Diarrheal Risk in Household Drinking Water: Systematic Review and Meta-Analysis. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 9, n. 9, p. e107429, set. 2014.

GUTH, B. E. C.; LANDGRAF, M. *Escherichia coli* produtora de toxina Shiga (STEC) e outras *E. coli* patogênicas. In: FRANCO, B. D. G. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2023. p. 72-82.

HOSEINIFAR, S. H. *et al.* Probiotics as Means of Diseases Control in Aquaculture, a Review of Current Knowledge and Future Perspectives. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v. 9, art. 2429, p. 1-15, 12 out. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE); MINISTERIO DO PLANEJAMENTO, ORÇAMENTO E GESTÃO (MPOG). **Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 41, 2013. 108 p.

_____. **Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 42, 2014. 39 p.

_____. **Produção da pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 43, 2015. 49 p.

KUMAR, V. *et al.* Effect of Tilapia Parvovirus (TiPV) on Fish Health: An In Vitro Approach. **Microbiology Research**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 68, 2025.

LEGRAND, T. P. *et al.* The role of mucosal microbiota in fish health and disease. **Reviews in Aquaculture**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 1079-1097, 2020.

LEIRA, M. H. *et al.* Principais infecções bacterianas na criação de peixes de água doce do Brasil – uma revisão. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 44-59, 2016.

LEIRA, M. H. *et al.* Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. **Pubvet**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 11-17, jan. 2017a.

LEIRA, M. H. *et al.* Problemas sanitários das pisciculturas brasileiras. **Pubvet**, [s. l.], v. 11, n. 6, p. 538-544, jun. 2017b.

MELLO, H. de *et al.* Efeitos benéficos de probióticos no intestino de juvenis de Tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s. l.], v. 33, n. 6, p. 724-730, jun. 2013.

MERRIFIELD, D. L. *et al.* The current status and future focus of probiotic and prebiotic applications for salmonids. **Aquaculture**, [s. l.], v. 302, n. 1-2, p. 1-18, 2010.

NASCIMENTO, A. C. do; FARIAS, A. J. L.; ABREU, J. I. R.; LOUÇA, J. B.; NETO, O. C.; GONÇALVES, A. C. S. Análise de produção da empresa Tilatins sobre o desenvolvimento de tilápias em tanque rede, em Lajeado - TO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 11, 2024. ISSN 2178-6925

OBA, E. T. *et al.* Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: TAVARES-DIAS, M. (org.). **Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. cap. 8, p. 226-247.

OLIVEIRA, E. G.; ALMEIDA, S. A. A. O açude castanhão e a cadeia produtiva da tilápia. In: CAMPECHE, D. F. B. (org.). **Aquicultura atual no semiárido**. Recife: CREA, UFPE, 2017. v. 12, n. 12, p. 35-41.

OLIVEIRA, T. F. *et al.* Local epidemiological cutoff values and antimicrobial susceptibility profile for Brazilian *Francisella orientalis* isolates. **Aquaculture**, [s. l.], v. 553, p. 738054, 2022.

OPIYO, M. A. *et al.* Dietary administration of probiotics modulates non-specific immunity and gut microbiota of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in low input ponds. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 1-9, 2019.

PAVANELLI, G. C.; EIRAS, J. da C.; TAKEMOTO, R. M. **Doenças de peixes: profilaxia, diagnóstico e tratamento**. 3. ed. Maringá: EDUEM, 2008. 311 p.

PEREIRA, M. M. C. V. **Planos de vigilância em piscicultura**. 2009. Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

PILARSKI, F. *et al.* **Columnarose**: etiologia, sinais clínicos e envio de amostras para análise laboratorial. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2011. 32 p. (Documentos, 109).

RAMÍREZ, N. B. *et al.* Dieta suplementada com prebiótico, probiótico e simbiótico no cultivo de camarões marinhos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 8, p. 913-919, ago. 2013. DOI: 10.1590/S0100-204X2013000800015.

RINGO, E. *et al.* The effect of dietary probiotics on the intestinal microbiota and mucosal structure of salmonids and non-salmonids: a review. **Aquaculture Nutrition**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 117–136, 2010.

ROCHA, S. M. G.; LIMA NETO, I. E. Análise e modelagem das relações entre nutrientes e fitoplâncton em reservatórios do Ceará. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, [s. l.], v. 57, n. 1, p. 116-127, 2022.

RODRIGUES, A. P. O. *et al.* (ed. técn.). **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 440 p.

SANTOS, A. D. N. *et al.* Variações no Índice Estado Trófico em Águas de três reservatórios no Ceará. **Revista DAE**, São Paulo, v. 74, n. 251, p. 01-15, 2026.

SEAFOOD. **Nova tragédia no Castanhão**: mortalidade atingiu 80% da produção; produtores culpam Cogeh. Seafood Brasil, 13 jun. 2016. Disponível em: <https://www.seafoodbrasil.com.br>. Acesso em: 4 jul. 2026.

SEBASTIÃO, F. A. *et al.* Identificação de *Aeromonas hydrophila* em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e avaliação do perfil de resistência aos antimicrobianos. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 82, p. 1-7, 2015.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR); CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Doenças de animais aquáticos de importância para o Brasil**: manual de identificação no campo. Brasília, DF: SENAR, 2017. 104 p.

SILVA, A. F. C. *et al.* Inclusão de aditivos probióticos em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e seus efeitos no desempenho, parâmetros hematológicos, hepáticos e intestinais. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 8, p. 1 - 12, 2021.

SOTO, E. *et al.* Francisella noatunensis subsp. orientalis pathogenesis analyzed by experimental immersion challenge in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Veterinary Microbiology**, [s. l.], v. 164, n. 1-2, p. 77-84, 2013.

SOUSA, E. L. de. **Uso de aditivos funcionais para controle de franciselose em tilápia *Oreochromis niloticus* (L.)**. 2024. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2024.

TAHA, E. *et al.* Emergence of viral nervous necrosis is associated with mass mortality in hatchery-reared tilapia Egypt. **Aquaculture International**, [s. l.], v. 28, p. 1811-1823, 2020.

TAVARES-DIAS, M. (org.). **Manejo e sanidade de peixes em cultivo**. Macapá: Embrapa Amapá, 2009. 1 CD-ROM.

TAVARES, G. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; LEAL, C. A. G. Infecção por *Streptococcus iniae* em peixes. In: **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 73. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2014. p. 45-56.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Metabolic and hormonal responses of the matrinxã *Brycon cephalus* (Teleostei: Characidae) to the stress of transport under the influence of benzocaine. **Journal of the Aquaculture in the Tropics**, Oxford, v. 16, n.1, p. 75-85, 2001.

URBINATI, E. C.; CARNEIRO, P. C. F. Práticas de manejo e estresse dos peixes em piscicultura. In: CYRINO, J. E. P.; URBINATI E. C.; FRACALOSSO, D. M.; CASTAGNOLLI, N. (edi.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004, p. 171 – 193.

VEEDU, A. K.; THOMAS, J. Probiotics and prebiotics as alternatives to antibiotics in aquaculture: a systematic and bibliometric review of antimicrobial and antioxidant mechanisms. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v. 17, 1784036, p. 1-21, 2026.

VIEIRA, F. N. *et al.* Effect of probiotic supplemented diet on marine shrimp survival after challenge with *Vibrio harveyi*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 3, p. 631-638, 2010.

WAIYAMITRA, P. *et al.* Probiotics Modulate Tilapia Resistance and Immune Response against Tilapia Lake Virus Infection. **Pathogens**, [s. l.], v. 9, n. 919, p. 1-15, nov. 2020.

WEN, Y. *et al.* Promoting Aquatic Animal Health and Water Quality: A Systematic Review on Probiotics, Prebiotics and Synbiotics in Aquaculture. **Fishes**, [s. l.], v. 11, n. 174, p. 1-30, 2026.

WU, P. S; LIU, C. H.; HU, S. Y. Probiotic *Bacillus safensis* NPUST1 administration improves growth performance, gut microbiota, and innate immunity against *Streptococcus iniae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Microorganisms**, [s. l.], v. 9, n. 12, e2494, 2021.

YU, J. *et al.* Risk assessment of shrimp-derived probiotics on culture performance and environmental biosafety in shrimp larvae rearing system. **Frontiers in Marine Science**, [s. l.], v. 12, art. 1683189, out. 2025. DOI: 10.3389/fmars.2025.1683189.