

MANEJO E SUSTENTABILIDADE DA PISCICULTURA: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS ABIÓTICOS DA ÁGUA NO TANQUE ESCAVADO NA FAZENDA ESCOLA DE CASTANHAL (FEC)

MANAGEMENT AND SUSTAINABILITY IN PISCICULTURE: EVALUATION
OF ABIOTIC WATER PARAMETERS IN THE EARTHEN POND AT THE
CASTANHAL SCHOOL FARM (FEC)

MANEJO Y SOSTENIBILIDAD DE LA PISCICULTURA: EVALUACIÓN DE
PARÁMETROS ABIÓTICOS DEL AGUA EN EL ESTANQUE EXCAVADO DE
LA GRANJA ESCUELA DE CASTANHAL (FEC)

Thiago da Silva Pereira

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: thiagonetop60@gmail.com

João Roberto Rebelo Luz

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: joaorobertoreluz@gmail.com

Nadelly Gama da Silva

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: gamanadelly@gmail.com

Tayara da Silva Gonçalves

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: tayara.goncalves23@gmail.com

Wanderson Vinícius Assis Ferreira

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: wandersonv8200@gmail.com

Me. Ivan Carlos Da Costa Barbosa

 <https://orcid.org/0000-0002-7358-5789>

Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

e-mail: ivan.barbosa@ufra.edu.br

Submissão em: 05/12/2025

Aceito em: 28/01/2026

RESUMO

A determinação dos parâmetros físico-químicos da água em tanques escavados é essencial para avaliar a qualidade do meio aquático e suas implicações para a piscicultura. Este trabalho determinou as condições em um viveiro na Fazenda Escola de Castanhal (FEC), com o objetivo de compreender sua qualidade hídrica, verificar se as condições estão alinhadas ao CONAMA 357/2005 e com literaturas sobre esse tipo de ambiente, além de entender as implicações para a produtividade do sistema. Os resultados mostraram pH acima do limite da legislação, turbidez moderada e baixa condutividade elétrica, os quais corroboram a importância do monitoramento contínuo para garantir a saúde dos peixes e a eficiência do sistema. Ademais, a pesquisa destaca a relevância da piscicultura como atividade produtiva para agricultores familiares e pequenos produtores, pois fortalece a economia local e contribui para o

desenvolvimento sustentável por meio da segurança alimentar e do uso eficiente dos recursos hídricos.

Palavras-chave: Agricultura Familiar, Desenvolvimento Sustentável, Amazônia

ABSTRACT

The determination of the physicochemical parameters of water in earthen ponds is essential for assessing the quality of the aquatic environment and its implications for fish farming. This study evaluated the conditions of a pond at the Castanhal School Farm (FEC), aiming to understand its water quality, verify whether the conditions comply with CONAMA Resolution 357/2005 and with the literature for this type of environment, and identify the implications for system productivity. The results showed pH levels above the limit established by legislation, moderate turbidity, and low electrical conductivity, which reinforce the importance of continuous monitoring to ensure fish health and system efficiency. Furthermore, the study highlights the relevance of fish farming as a productive activity for family farmers and small producers, as it strengthens the local economy and contributes to sustainable development through food security and efficient use of water resources.

Keywords: Family Farming, Sustainable Development, Amazon

RESUMEN

La determinación de los parámetros físico-químicos del agua en estanques excavados es esencial para evaluar la calidad del medio acuático y sus implicaciones para la piscicultura. Este estudio evaluó las condiciones de un estanque en la Granja Escuela de Castanhal (FEC), con el objetivo de comprender su calidad del agua, verificar si las condiciones están alineadas con la Resolución CONAMA 357/2005 y con la literatura para este tipo de ambiente, además de identificar las implicaciones para la productividad del sistema. Los resultados mostraron valores de pH por encima del límite establecido por la legislación, turbidez moderada y baja conductividad eléctrica, lo que refuerza la importancia del monitoreo continuo para garantizar la salud de los peces y la eficiencia del sistema. Además, la investigación destaca la relevancia de la piscicultura como actividad productiva para agricultores familiares y pequeños productores, ya que fortalece la economía local y contribuye al desarrollo sostenible mediante la seguridad alimentaria y el uso eficiente de los recursos hídricos.

Palabras clave: Agricultura Familiar. Desarrollo Sostenible. Amazonía

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura tem se consolidado como uma atividade estratégica para a segurança alimentar, a geração de renda e o desenvolvimento sustentável no Brasil, com destaque para as regiões tropicais como a Amazônia. Nesses locais, a elevada disponibilidade hídrica torna o manejo viável, desde que a qualidade da água seja constante, uma vez que é uma condição essencial para o crescimento e o bem-estar dos peixes, além de garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção (Brasil, 2023). Para isso, o monitoramento de parâmetros físico-químicos como temperatura, pH, condutividade elétrica, turbidez, sólidos sedimentáveis e transparência é fundamental. O controle desses indicadores permite avaliar a estabilidade do ambiente e identificar alterações que possam comprometer a produtividade, logo, visam alinhar

as decisões de manejo com evidências científicas (EMBRAPA, 2021).

Nesse sentido, as normas ambientais brasileiras, como a Resolução CONAMA nº 357/2005, são instrumentos cruciais para o gerenciamento técnico e legal da piscicultura, estabelecendo limites e critérios que asseguram a conformidade ambiental e previnem impactos negativos (EMBRAPA, 2023). Complementarmente, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) fortalece a gestão dos recursos hídricos por meio de iniciativas como a Resolução ANA nº 159/2023. Esse programa de monitoramento padronizado visa garantir que a água disponível atenda de forma sustentável às diversas demandas, incluindo a produção aquícola (ANA, 2023).

Nesse contexto, a avaliação sistemática dos parâmetros abióticos nos tanques escavados da Fazenda Escola de Castanhal é essencial não apenas para assegurar a produtividade, mas também para garantir a sustentabilidade ambiental dos sistemas aquícolas. Essa prática se configura como uma ferramenta estratégica para a gestão responsável da piscicultura amazônica, alinhada às melhores práticas de conservação dos recursos hídricos (Vidal, 2023).

Além disso, ao relacionar a qualidade da água com a capacidade de produção, observa-se que a manutenção adequada de fatores como o pH, turbidez e disponibilidade de nutrientes refletem diretamente na oferta de proteína de origem animal para populações tradicionais e agricultores familiares. Para essas comunidades, que historicamente dependem da pesca e da aquicultura como fontes de subsistência e geração de renda, a piscicultura representa não somente uma atividade econômica, como também, um meio de fortalecer a soberania alimentar, preservar práticas culturais e promover o desenvolvimento local sustentável. Assim, o monitoramento da qualidade da água transcende a esfera técnica, constituindo-se em um elemento-chave para integrar conservação ambiental, inclusão social e fortalecimento econômico na Amazônia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Papel estratégico da piscicultura

A aquicultura global vive um momento decisivo, definido pela FAO (2022) como uma "Transformação Azul". O objetivo é claro: ampliar a oferta de alimentos sem esgotar os ecossistemas aquáticos. No Brasil, o setor respondeu a essa demanda com um crescimento vigoroso, especialmente no uso de águas da União, consolidando a piscicultura como um pilar do agronegócio nacional (Brasil, 2023).

Para a agricultura familiar na Amazônia, no entanto, a criação de peixes em viveiros escavados vai além das estatísticas de produção; trata-se de autonomia e segurança alimentar. Conforme preconiza a Embrapa (2021), a atividade permite diversificar a renda na propriedade e garantir proteína de alta qualidade. Mas o sucesso desse modelo não é automático: ele exige que o produtor domine o manejo do seu recurso mais valioso, a água (Santos; Oliveira, 2019).

2.2 A dinâmica de viveiros escavados

Diferente de um rio, um tanque de piscicultura é um sistema confinado e intensivo. A entrada constante de ração e fertilizantes acelera processos biológicos

que, na natureza, seriam lentos. Sipaúba-Tavares (1995) define a limnologia aplicada não apenas como o estudo, mas como o controle desse ambiente. A qualidade da água ali não é estática; ela resulta de uma interação dinâmica entre o solo do fundo, a coluna d'água e a atividade biológica (Boyd; Tucker, 1998).

Em águas paradas (lênticas), o risco de estratificação é alto. Wetzel (2001) alerta que camadas de água com temperaturas e químicas diferentes podem se formar rapidamente, criando zonas sem oxigênio que, se misturadas subitamente, podem levar à mortalidade em massa.

2.3 Monitoramento e fisiologia

A estabilidade dos parâmetros abióticos é o que define o desempenho zootécnico. A temperatura, por exemplo, dita o ritmo metabólico dos peixes. Segundo Wetzel e Likens (2023), oscilações térmicas alteram a solubilidade de gases e a velocidade de reações vitais, podendo deprimir o sistema imunológico dos animais.

O pH merece atenção redobrada em sistemas intensivos. Águas excessivamente alcalinas potencializam a toxicidade da amônia, convertendo o íon amônio (NH_4^+) na sua forma gasosa letal (NH_3) (Boyd, 2015). Já a turbidez e a condutividade funcionam como diagnósticos de fertilidade: a turbidez por plâncton é benéfica, enquanto a turbidez por argila prejudica a respiração (Queiroz *et al.*, 2021). A condutividade elétrica, por sua vez, revela a disponibilidade de íons dissolvidos; níveis muito baixos indicam um ambiente pobre, incapaz de sustentar a cadeia alimentar natural do viveiro (EMBRAPA, 2021).

2.4 Normas e tecnologia de gestão

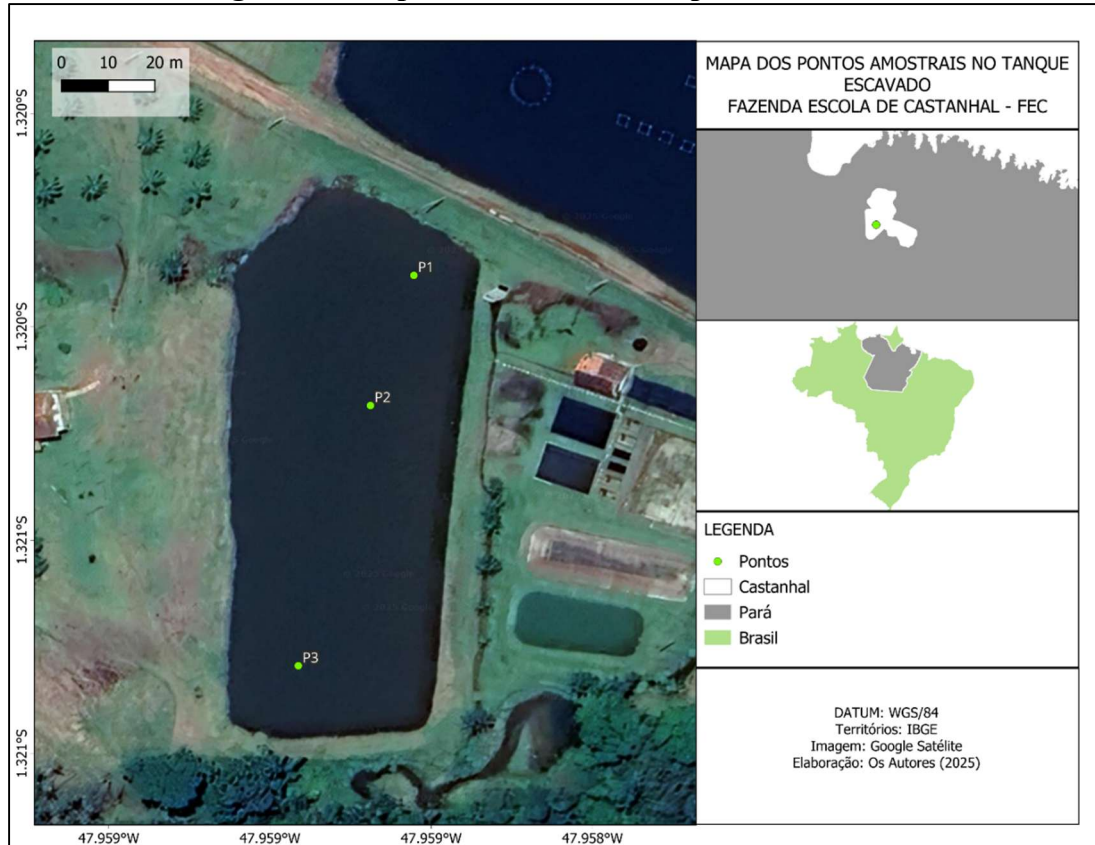
O balizamento legal para esses parâmetros no Brasil é a Resolução CONAMA nº 357/2005, que estipula os limites de segurança para a vida aquática (Brasil, 2005). Mais recentemente, a Agência Nacional de Águas (ANA, 2023) reforçou a necessidade de padronizar esse monitoramento para assegurar a gestão hídrica.

Atualmente, a gestão empírica tem dado lugar à tecnologia. Vidal (2023) destaca que o uso de sistemas modulares de monitoramento permite tomadas de decisão baseadas em dados reais, superando as limitações das medições manuais esporádicas e garantindo maior precisão no manejo (EMBRAPA, 2021).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As amostras de água foram coletadas em três pontos distintos do tanque, em região superficial, afastados da margem e estrategicamente distribuídos para garantir a representatividade do sistema. Os pontos foram nomeados como P1, P2 e P3. O ponto P1 foi registrado na coordenada -1.3203611, -47.9585833; o P2 em -1.3206111, -47.9586667 e o P3 em -1.3211111, -47.9588056, como ilustrado na Figura 1. Apesar de o tanque apresentar profundidade considerável, a coleta foi realizada exclusivamente na superfície da lâmina d'água, de modo que todos os pontos amostrados correspondem à camada superficial.

Figura 1 – Mapa de localização dos pontos de coleta



Fonte: Autores, 2025.

A coleta foi realizada diretamente no local, utilizando frascos estéreis higienizados, durante o período da manhã para minimizar variações nos resultados. Foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura(°C); pH, condutividade elétrica($\mu\text{S}/\text{cm}$), transparência(cm) através do disco secchi - LaMotte (Figura 2) e turbidez(uT), com uso de calibrados para medições em campo.

A temperatura foi medida com termômetro digital submersível; o pH a partir do pHmetro AT 315 SP Microprocessado – Alfakit (Figura 3); a condutividade, com o condutímetro MOD. CD-850 digital – Instrutherm (Figura 4); e a turbidez, com auxílio do turbidímetro Lutron TU-2016 (Figura 5), baseado em princípio nephelométrico. As condições ambientais no momento da coleta, como temperatura e umidade, também foram registradas para contextualização dos dados.

Após a coleta, os dados foram organizados e submetidos a análise estatística simples para cálculo de médias e identificação de variações entre os pontos amostrados, permitindo uma avaliação inicial da uniformidade e qualidade da água no tanque.

Seguem os materiais utilizados para as análises citadas, além do registro do local de análise:

Figura 2 - Disco secchi (LaMotte)



Fonte: Autores, 2025.

Figura 3 - pHmetro AT 315 SP Microprocessado (Alfakit)



Fonte: Os Autores, 2025.

Figura 4 - Condutivímetro MOD. CD-850 digital (Instrutherm)



Fonte: Autores, 2025.

Figura 5 - Turbidímetro Lutron TU-2016.

Fonte: Autores, 2025.

Figura 6 - Local de análise (Tanque Escavado na Fazenda Escola de Castanhal)

Fonte: Autores, 2025.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

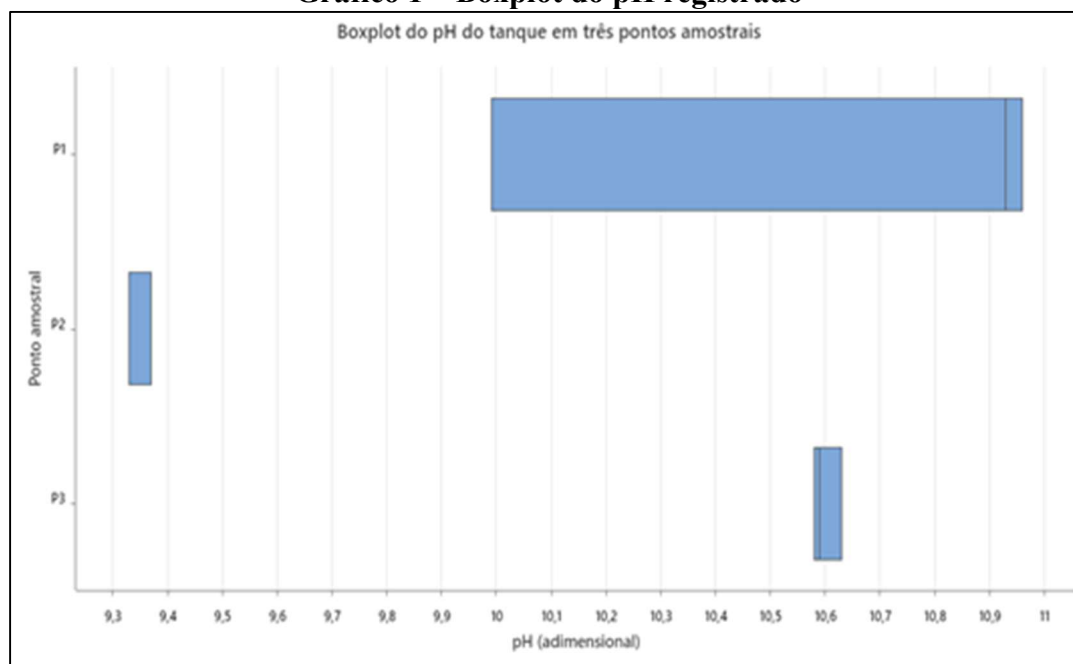
A análise dos dados coletados em campo permitiu a organização e visualização das informações dos parâmetros físico-químicos da água. As médias e a variabilidade foram sintetizados na Tabela 1 e detalhadas em boxplots (Gráficos 1 a 4), que servem como base para a discussão a seguir:

Tabela 01 - Análise dos parâmetros da água

P1				
Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
pH	10,63	9,99	10,96	0,55
Temperatura (°C)	30,73	30,65	30,80	0,08
Condutividade (µS/cm)	26,27	25,70	26,60	0,49
Turbidez (uT)	24,88	23,35	25,89	1,35
Transparência (cm)	45,00	45,00	45,00	0,00
P2				
Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
pH	9,34	9,33	9,37	0,02
Temperatura (°C)	32,30	32,20	32,40	0,10
Condutividade (µS/cm)	26,50	26,30	26,60	0,17
Turbidez (uT)	19,75	19,34	20,01	0,36
Transparência (cm)	55,00	55,00	55,00	0,00
P3				
Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
pH	10,60	10,58	10,63	0,03
Temperatura (°C)	32,97	32,80	33,20	0,21
Condutividade (µS/cm)	26,83	25,70	27,60	1,00
Turbidez (uT)	21,75	18,32	28,54	5,88
Transparência (cm)	0,10	0,10	0,10	0,00

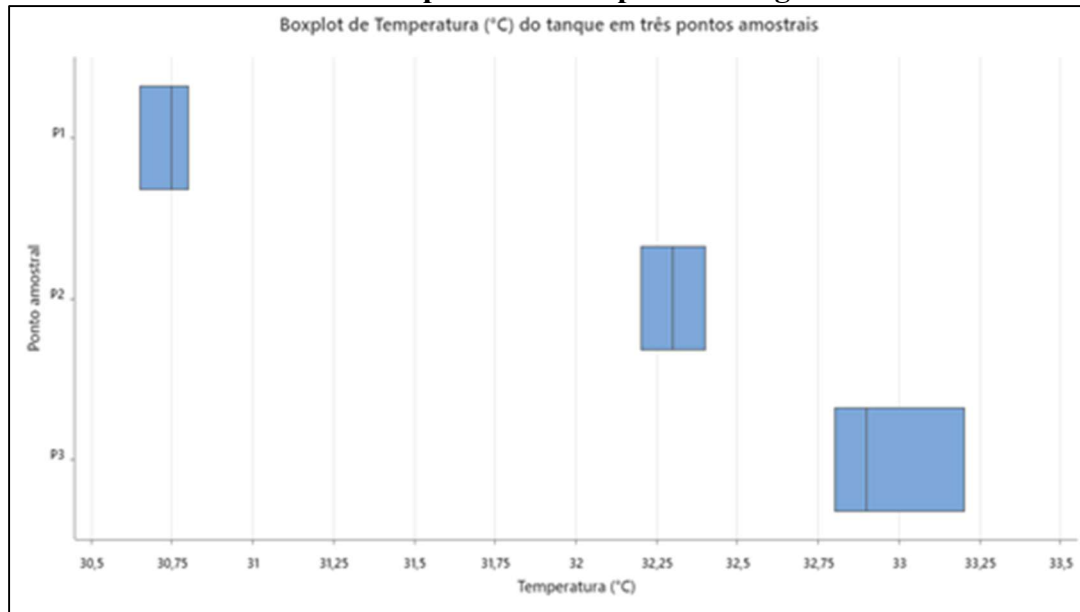
Fonte: Autores, 2025.

Gráfico 1 – Boxplot do pH registrado



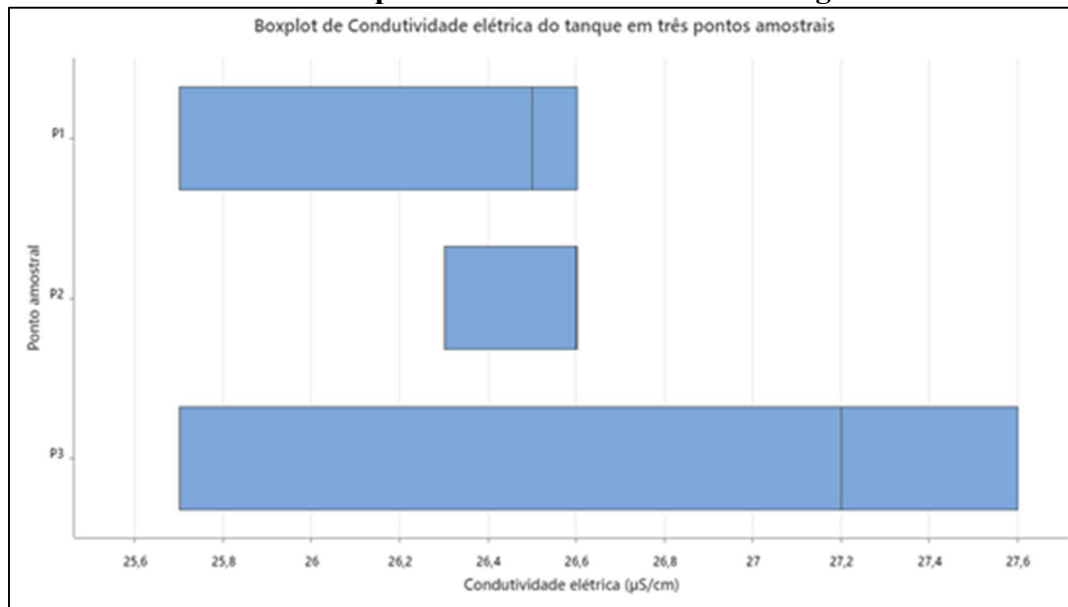
Fonte: Autores, 2025.

Gráfico 2 – Boxplot do de temperatura registrado



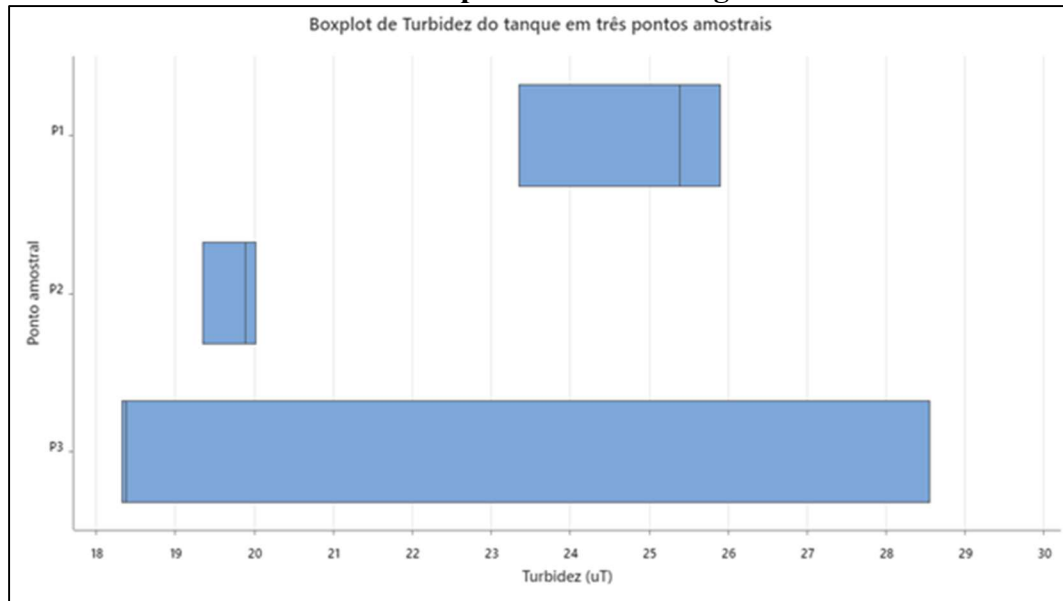
Fonte: Os Autores, 2025.

Gráfico 3 – Boxplot de condutividade elétrica registrado



Fonte: Autores, 2025.

Gráfico 4 – Boxplot de turbidez registrado.



Fonte: Autores, 2025.

A determinação dos parâmetros físico-químicos da água do tanque escavado permitiu avaliar sua adequação em relação à Resolução CONAMA nº 357/2005, Classe II, que estabelece padrões de qualidade para corpos d'água doce destinados à piscicultura.

A determinação do pH por meio do boxplot (Gráfico 1) revelou que a mediana em todos os pontos de amostragem (P1, P2 e P3) se situa acima de 9,3, ultrapassando significativamente o limite máximo estabelecido pela legislação ($\text{pH} \leq 9,0$). Em P1 e P3, a distribuição dos dados é mais compacta, indicando que a maior parte das medições de pH se concentra em valores elevados e relativamente estáveis. No entanto, o ponto P2 apresentou uma dispersão maior, com a caixa do boxplot mais ampla, sugerindo uma flutuação mais acentuada do pH nesse local. Essa condição de alcalinidade elevada e, em alguns pontos, variável, é crítica, pois pode comprometer a fisiologia dos peixes, afetando processos respiratórios e a disponibilidade de nutrientes essenciais. A inibição da absorção de amônia, por exemplo, é um risco direto associado a pH elevado, já que o amônio (NH_4^+) tóxico se converte em amônia (NH_3), o que é fatal em altas concentrações. Estudos recentes (Santos et al., 2021) apontam que valores extremos de pH podem reduzir a taxa de crescimento e aumentar a mortalidade em espécies comumente cultivadas na região amazônica, reforçando a necessidade urgente de monitoramento e manejo corretivo.

Quanto à turbidez, o boxplot (Gráfico 4) demonstra uma ampla variabilidade entre os pontos de coleta, embora os valores medianos permaneçam abaixo do limite de 100 UNT estabelecido pelo CONAMA. O ponto P2 se destaca por ter uma mediana em torno de 20 UNT e uma distribuição bastante estreita, indicando pouca variação e baixa turbidez. Em contraste, P1 e P3 apresentam distribuições mais amplas, com P3 registrando a maior dispersão dos dados e uma mediana mais elevada. Essa variabilidade sugere que os fatores que influenciam a turbidez (como movimentação de solo, resíduos orgânicos e fitoplâncton) não são uniformes no tanque. Embora os valores estejam na faixa aceitável, a turbidez moderada, especialmente em pontos como P3, pode reduzir a penetração de luz na coluna d'água.

Isso limita o desenvolvimento do fitoplâncton, a base da cadeia alimentar e principal fonte de oxigênio dissolvido, recurso vital para os organismos aquáticos. A dispersão dos dados indica a necessidade de investigar a origem dessas variações para implementar estratégias de conservação do solo nas margens do tanque (Cunha et al., 2020) ou ajustar o manejo.

A condutividade elétrica também revelou um padrão interessante. As medianas nos três pontos de coleta são baixas, confirmando a baixa concentração de sais dissolvidos no sistema. No entanto, o boxplot (Gráfico 3) de P1 e P3 apresenta uma dispersão notável dos dados, indicando uma maior flutuação da concentração de íons nessas áreas, enquanto P2 se mostra mais estável. Embora a Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabeleça valores de referência para este parâmetro, ele é crucial para a osmorregulação dos peixes, processo pelo qual eles mantêm o equilíbrio iônico em seus corpos. Valores reduzidos podem estar relacionados à baixa fertilidade natural do sistema, tornando a água menos "rica" para o metabolismo dos peixes. A variabilidade observada sugere que o equilíbrio iônico do ambiente não é homogêneo, o que pode influenciar diretamente o metabolismo dos peixes e demandar estratégias de enriquecimento do meio, como a adição controlada de fertilizantes orgânicos, para otimizar o crescimento do fitoplâncton e a produtividade do cultivo (Oliveira; Silva, 2022).

Além disso, a temperatura da água apresentou um padrão de distribuição distinto entre os pontos de coleta. O boxplot (Gráfico 2) de P1 indica uma temperatura estável e dentro de uma faixa mais estreita. Já em P2, a distribuição é mais ampla, com uma mediana superior, e P3 mostra um valor de temperatura ainda maior e mais concentrado. A temperatura da água influencia diretamente o metabolismo, o crescimento e a reprodução dos peixes, além de afetar a solubilidade do oxigênio e a toxicidade da amônia. A variação observada sugere que o tanque pode apresentar diferentes zonas térmicas, o que pode ser resultado de variações de profundidade ou exposição solar. O monitoramento contínuo da temperatura é vital para garantir que a faixa ideal para as espécies cultivadas seja mantida, prevenindo estresse térmico e otimizando o desempenho do cultivo.

De forma geral, a determinação aprofundada por meio da Tabela 1 e dos boxplots evidencia que, apesar de o tanque apresentar condições aceitáveis em termos de turbidez e condutividade elétrica, o pH acima do limite e as variações de temperatura representam os maiores desafios para a manutenção da qualidade da água e para a sustentabilidade do cultivo. A piscicultura em viveiros escavados, que contribui significativamente para a segurança alimentar e a geração de renda em comunidades rurais (FAO, 2022), depende diretamente da qualidade da água para cumprir seu papel socioambiental.

Nesse sentido, a avaliação criteriosa de parâmetros abióticos, como pH, turbidez, temperatura e condutividade elétrica, é fundamental não apenas para garantir o bem-estar e o desenvolvimento adequado dos organismos cultivados, mas também para fortalecer a resiliência e a sustentabilidade das comunidades tradicionais que dependem da piscicultura como fonte de subsistência. O manejo adequado dessas variáveis permite reduzir riscos de mortalidade, aumentar a produtividade e otimizar os custos com intervenções corretivas, promovendo maior retorno econômico para os produtores familiares. Além disso, a atenção às condições da água contribui diretamente para a conservação ambiental, reduzindo a pressão sobre estoques pesqueiros naturais e mitigando a degradação de ecossistemas aquáticos. Dessa forma,

a piscicultura conduzida em conformidade com a legislação ambiental e com boas práticas de manejo se consolida como uma ferramenta estratégica de desenvolvimento sustentável, assegurando produção contínua de proteína de qualidade, geração de renda de forma estável e fortalecimento da aceitação social da atividade a longo prazo.

5 CONCLUSÕES

A avaliação dos parâmetros abióticos da água no tanque escavado da Fazenda Escola de Castanhal revelou uma série de desafios e oportunidades para a sustentabilidade da piscicultura. A análise detalhada dos dados permitiu ir além de uma avaliação superficial, conectando as condições físico-químicas do ambiente à saúde dos peixes, à produtividade do sistema e ao seu papel socioambiental.

O pH foi identificado como o parâmetro mais crítico, com valores que superaram consistentemente o limite legal, criando um ambiente de alcalinidade elevada. Essa condição não é apenas um desvio da norma, mas um fator de estresse crônico que pode comprometer a fisiologia dos peixes e a absorção de nutrientes, levando a uma redução no crescimento e a um aumento na mortalidade. Da mesma forma, embora a turbidez e a condutividade elétrica estivessem dentro de faixas aceitáveis, a variabilidade observada nos boxplots sinaliza a necessidade de um monitoramento contínuo. A turbidez pode limitar a produtividade primária, enquanto a baixa condutividade indica um sistema de baixa fertilidade que demandaria manejo específico para otimizar o metabolismo dos organismos cultivados. A variação da temperatura, por sua vez, reforça a necessidade de estratégias de manejo que previnam o estresse térmico e a diminuição de oxigênio dissolvido.

A importância desses resultados transcende a biologia aquática. A piscicultura em viveiros escavados, uma atividade com grande potencial para a segurança alimentar e a geração de renda em comunidades rurais, só pode cumprir seu papel socioambiental se for ecologicamente sustentável. Os dados deste estudo demonstram que, sem um manejo adequado da qualidade da água, os impactos ambientais negativos se tornam inevitáveis, levando a perdas econômicas para os produtores e comprometendo a viabilidade de um projeto que é vital para o desenvolvimento local.

Portanto, conclui-se que o tanque aqui analisado, apesar de seu potencial produtivo, requer um compromisso contínuo com a gestão ambiental. Recomenda-se a implementação de rotinas de monitoramento mais frequentes, a aplicação de práticas de manejo corretivas para o pH, e a realização de análises mais amplas que incluam outros parâmetros vitais. Tais ações são fundamentais para assegurar a produtividade, a saúde dos organismos e, por fim, garantir que a piscicultura não apenas atenda à legislação, mas também contribua de forma sustentável para o bem-estar social e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Resolução ANA nº 159, de 29 de junho de 2023**. Brasília, ANA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2023/159>. Acesso em: 17 set. 2025.

BOYD, C. E. **Water Quality: An Introduction**. 2. ed. New York, Springer, 2015.

BOYD, C. E.; TUCKER, C. S. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. New York, Springer, 1998.

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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Cultivo de pescados nas águas da União cresce 25%**. Brasília, MPA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/cultivo-de-pescados-nas-aguas-da-uniao-cresce-25>. Acesso em: 17 set. 2025.

CETESB (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO). **Guia nacional de coleta e preservação de amostras**. São Paulo, CETESB, 2025.

EMBRAPA. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes**. Brasília, Embrapa, 2013.

EMBRAPA. **Estudo revela limitações e novas abordagens para o monitoramento da qualidade de água em pisciculturas no Brasil**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/63343504/estudo-revela-limitacoes-e-novas-abordagens-para-o-monitoramento-da-qualidade-de-agua-em-pisciculturas-no-brasil>. Acesso em: 17 set. 2025.

EMBRAPA. **Manual de piscicultura familiar em viveiros escavados**. Brasília, Embrapa, 2021.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). **The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation**. Rome, FAO, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>. Acesso em: 8 set. 2025.

QUEIROZ, R. et al. **Recomendações práticas para manejo da qualidade da água em tilápia em tanques-rede**. Jaguariúna, Embrapa Meio Ambiente, 2021. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131162/1/Queiroz-Recomendacoes-praticas-2021.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, A. C. Sustentabilidade da piscicultura em viveiros escavados: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 14, n. 2, São Luís, UEMA, 2019, p. 45-59.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal, FUNEP, 1995.

VIDAL, Victor Matheus de Oliveira. **Sistema de monitoramento e controle modular do ambiente de produção da piscicultura**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação), Manaus, Universidade Federal do Amazonas, 2023. Disponível em:

https://rii.ufam.edu.br/bitstream/prefix/6653/10/TCC_VictorVidal.pdf. Acesso em: 17 set. 2025.

WETZEL, R. G. **Limnology: Lake and River Ecosystems**. 3. ed. San Diego, Academic Press, 2001.

WETZEL, R. G.; LIKENS, G. E. **Limnological Analyses**. 4. ed. New York, Springer, 2023.