



FACULDADE DE VETERINÁRIA
DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO ANIMAL, HIGIENE E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS
LICENCIATURA EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA ANIMAL

**Avaliação da qualidade de água no cultivo da Tilápia do Nilo
(*Oreochromis niloticus*) em tanques terra na unidade de
produção Papa-Pesca**

Estudante:

Nabote Tobias Muiambo

Supervisor:

Prof. Doutor Manecas Baloi

Maputo, maio de 2025

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pela graça que tenha derramado na minha vida, pela saúde, proteção e pela força que tem me concedido que me permitiu superar os obstáculos, toda honra e glória ao senhor nosso Deus.

Agradeço aos meus pais Tobias Muiambo e Adelina Joaquim pelo apoio, motivação, pela inspiração e por tudo que tem feito por mim.

Agradeço ao meu supervisor Prof. Manecas Baloi pela orientação, ensino e paciência, a todos os colaboradores da Papá pesca e a Faculdade de Veterinária pelo apoio, especialmente dr^a Meralda.

Agradeço aos meus amigos com quem batalhei, em especial Édio Mambule, Emmanuel Artur, Fredi Escova, Fredes Caiaco e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento.

ABREVIATURAS

pH – Potencial hidrogeniónico.

CO₂ – Dióxido de Carbono.

NH₄⁺ – Amónia ionizada.

NH₃ – Amónia não ionizada.

NO₂ – Nitrito.

NO₃ – Nitrato.

OD – Oxigénio Dissolvido.

P – Fósforo.

N – Nitrogénio.

H₂O – Molécula de Água.

H⁺ - Ião positivo.

QA – Qualidade de Água.

ppm – partes por mil.

Cm – Centímetro.

m – Metro.

m² – Metro quadrado.

m³ – Metro cubico.

g – Grama.

V – Volume.

L – Litro.

PMC – Peso Médio Corporal.

°C – Graus Célsius.

CV – Coeficiente de variância.

DP – Desvio padrão.

FCA – Factor de Conversão Alimentar.

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura.

UEM – Universidade Eduardo Mondlane.

FAVET – Faculdade de Veterinária.

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura I: Mapa do distrito de Chókwè.....	11
Figura II: Área dos tanques do centro de treinamento.....	12
Figura III: Uso de Disco de Secchi para mensurar a transparência da água.	18
Figura IV: Efeito da concentração de oxigénio dissolvido nos peixes.....	17
Figura V: A. Local de drenagem de águas residuais para tanques de sedimentação; B. tanque de sedimentação; C. Tubos de abastecimento de água proveniente de tanques de sedimentação.	22
Figura VI: Canal externo por onde são drenadas as águas proveniente da produção.....	22
Figura VII: a) Termómetro; b) salinómetro; c) Multi-parâmetro.....	32
Tabela I: Quantidades de fertilizantes aplicada nos tanques.....	12
Tabela II: Valores de parâmetros físico-químicos da água nos 5 pontos de colecta, representando Méd±DP.....	24

ÍNDICE

1. RESUMO.....	7
2. ABSTRACT.....	8
3. INTRODUÇÃO.....	9
4. OBJECTIVOS.....	10
4.1. Objectivo geral.....	10
4.2. Objectivos específicos.....	10
5. ACTIVIDADES.....	11
5.1. Local.....	11
5.1.1 Actividades realizadas.....	11
5.2. Produção de peixe.....	11
5.2.1. Fertilização da água.....	12
5.2.2 Procedimento de povoamento.....	13
5.3. Alimentação.....	13
5.3.1. Manutenção da água.....	13
5.3.2. Biometria.....	13
5.4. Mortalidade dos peixes.....	13
5.4.1. Monitorização de parâmetros de qualidade de água.....	13
5.4.2. Limpezas.....	14
5.4.3 Processo da despesca.....	14
6. CASO DE ESTUDO.....	15
6.1. Introdução.....	15
6.2. Revisão bibliográfica.....	16
6.2.1. Qualidade de água.....	16
6.2.2. Efeitos dos parâmetros físico-químicos da água na produção dos peixes.	16
6.2.3. Oxigênio Dissolvido.....	16
6.2.5. Transparência (turbidez e sólidos suspensos).....	17
6.2.6. Compostos nitrogenados (Nitrito e Nitrato).....	18

6.2.7. Potencial Hidrogeniónico (pH).....	19
6.2.8. Alcalinidade.....	19
6.2.9. Dureza	20
6.2.10. Maneio dos efluentes	21
6.2.10.1. Sedimentação	21
6.2.12. Os impactos da actividade.....	22
6.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
6.4. RESULTADOS	24
6.5. DISCUSSÃO	25
6.6. CONCLUSÃO	28
6.7. RECOMENDAÇÃO	28
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
8. ANEXOS.....	33

1. RESUMO

A qualidade da água é um dos principais desafios na aquacultura, pois a sua gestão inadequada pode gerar impactos negativos na produção. Este estudo teve como objectivo avaliar a qualidade de água no cultivo da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques terra e o manejo dos efluentes. O estudo foi realizado na unidade de produção Papá Pesca Lda, antecedido de estágio que teve uma duração de 3 meses, que compreendeu de Setembro a Novembro de 2023, onde foram acompanhadas as seguintes actividades: preparo dos tanques, transporte e povoamento dos alevinos, alimentação, controle da qualidade da água, limpezas dos tanques e biometrias. As amostras de água foram colectadas semanalmente, excepto temperatura, oxigénio dissolvido e transparência, analisados diariamente, foram analisados 5 pontos de estudo, abrangendo a entrada de água nos tanques, sua qualidade durante o cultivo e as características dos efluentes na sua saída. Os resultados dos parâmetros físico-químicos indicaram que a temperatura variou de 22.9 a 26.6 °C, oxigénio dissolvido de 1.87 a 6.03 mg/L, pH de 7.60 a 8.00, nitrato de 0.00 a 15.00 mg/L, nitrito de 0.00 a 0.50 mg/L, dureza de 106.7 a 167.0 mg/L, alcalinidade de 134 a 184 mg/L. Observou-se que os valores dentro da faixa recomendada foram registrados na fonte de abastecimento, enquanto que valores mais altos foram detectados nas águas residuais (efluentes), indicando acúmulo de compostos dissolvidos ao longo da produção. O estudo demonstrou que o processo de sedimentação proporciona uma ligeira melhoria na qualidade da água, reduzindo parcialmente as concentrações dos compostos no parâmetro de qualidade de água.

Palavras-chaves: Aquacultura, tilápia nilótica, qualidade de água, impactos ambientais.

2. ABSTRACT

Water quality is one of the main challenges in aquaculture, as inadequate management can lead to negative impacts on production. This study aimed to evaluate the water quality in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farming in earthen ponds and the management of effluents. The study was conducted at the Papá Pesca Lda. production unit and was preceded by a three-month internship, from September to November 2023, during which the following activities were monitored: pond preparation, transport and stocking of fingerlings, feeding, water quality control, pond cleaning, and biometric assessments. Water samples were collected weekly, except for temperature, dissolved oxygen, and transparency, which were measured daily. Five sampling points were analyzed, covering water inflow into the ponds, its quality during the production cycle, and the characteristics of the effluents at the outflow. The results of the physic-chemical parameters showed temperature ranging from 23.6 to 24.9 °C, dissolved oxygen from 2.03 to 5.00 mg/L, pH from 7.60 to 8.00, nitrate from 0.00 to 15.00 mg/L, nitrite from 0.00 to 0.50 mg/L, hardness from 106.7 mg/L to 167.0 mg/L, and alkalinity from 107 to 184 mg/L. It was observed that values within the recommended range were recorded at the water source, while higher values were detected in the wastewater (effluents), indicating an accumulation of dissolved compounds throughout the production process. The study demonstrated that the sedimentation process provides a slight improvement in water quality, partially reducing the concentration of compounds related to water quality parameters.

Keywords: Aquaculture, Nile tilapia, water quality, environmental impacts.

3. INTRODUÇÃO

O estágio é uma componente fundamental para a culminação do curso, pois fornece aos estudantes a oportunidade de aplicar teorias aprendidas na sala de aula em ambiente prático e serve de ponte entre mundo académico e a experiência profissional, fornecendo assim uma visão real da profissão do estudante. O trabalho foi realizado na empresa Papá Pesca Lda. com sede em Hókwè, distrito de Chókwè, província de Gaza (24° 41'25.19 "S 33° 09'33.67"E).

No que diz respeito a organização das infraestruturas, a empresa Papá Pesca Lda. é dividida em três sectores principal, a incubadora, centro de treinamento e plataforma. O aspecto crucial do estágio foi acompanhamento de todas as actividades rotineira na produção de peixe (tilápia do Nilo). Como caso de estudo, teve enfoque na colecta e interpretação de dados relacionados a parâmetros de qualidade de água.

Muitas vezes o termo qualidade de água esta associado ao grau de pureza da água, no entanto pode ser vista como um conjunto de características físico-químicas, biológicas e tecnológicas que permitem determinar para quais finalidades a água pode ser utilizada, (Pereira *et al.* 2014). Actualmente, uma das maiores preocupações na aquacultura é a qualidade da água, os efluentes e também as condições sanitárias dos sistemas de cultivo (Nestor & Lourenço, 2002).

A qualidade da água está directamente relacionada ao bem-estar dos peixes e ao desempenho zootécnico na aquacultura, por esse motivo, a manutenção da qualidade da água é fundamental para garantir a saúde dos peixes, prevenir doenças e assegurar altos índices de produtividade e qualidade do pescado (Queiroz *et al.* 2021). Condições inadequadas dos parâmetros de qualidade da água podem provocar stress fisiológico, comprometendo o sistema imunológico dos organismos, favorecendo o surgimento de enfermidades e reduzindo significativamente o crescimento e a eficiência produtiva (Kubitza, 2013).

Nos tanques com alta densidade, a qualidade da água é mantida pela sua contínua renovação, permitindo a retirada dos resíduos sólidos (fezes e restos de alimentos) e dissolvidos (amônia, nitrito e gás carbônico), por isso, o manejo da água nesse tipo de sistema depende principalmente da eficiência na remoção desses resíduos (Senar, 2019).

Deste modo, o estágio teve como objectivo principal avaliar as variações dos parâmetros de qualidade de água que ocorrem dentro do sistema de cultivo, para consolidar com o conhecimento teórico-prático nas áreas mencionadas.

4. OBJECTIVOS

4.1. Objectivo geral

- ❖ Avaliar a qualidade de água no cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques terra na unidade de produção Papa-Pesca.

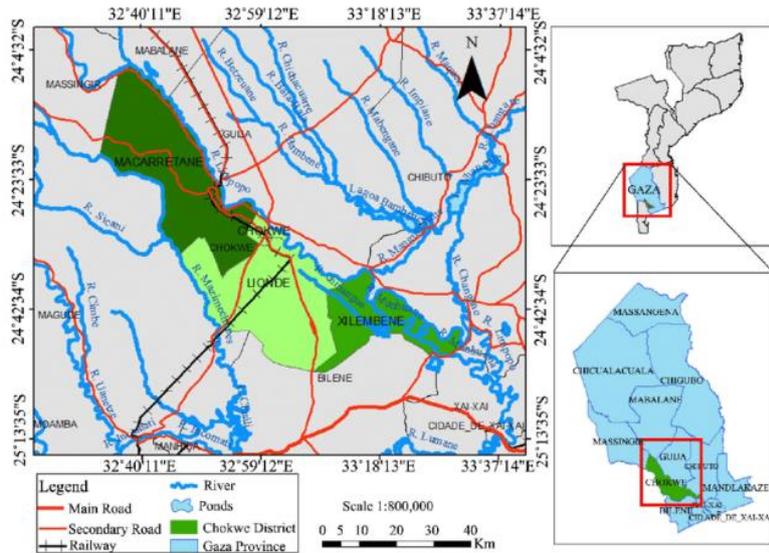
4.2. Objectivos específicos

- ❖ Identificar os factores que contribuem com as alterações da qualidade da água;
- ❖ Examinar o maneo das águas residuais gerada pela aquacultura.

5. ACTIVIDADES

5.1. Local

O trabalho foi desenvolvido na empresa Papá Pesca Lda, localizada em Hokwé, distrito de Chókwè, província de Gaza. O clima do distrito é do tipo semi-árido, a precipitação média anual varia de 500 a 800 mm, com a temperatura média anual de 26 °C, e uma humidade relativa média de 65% (Ministério da Administração Estatal, 2005).



Map of Chókwè district in Gaza province, Mozambique.

Figura I: Mapa do distrito de Chókwè.

Fonte: Lateiro Sousa (2020).

5.1.1 Actividades realizadas

As actividades foram realizadas entre Setembro a Novembro de 2023 e foram feitos acompanhamentos de todas as actividades rotineiras relacionada a produção de tilápia do Nilo no sistema semi-intensivo usando água verde no sector de engorda (centro de treinamento). As actividades consistiam em preparação dos tanques, fertilização, controle de parâmetros de qualidade da água, povoamento, administração de ração, biometria, despesca e seleção.

5.2. Produção de peixe

A tilápia do Nilo apresenta características desejáveis ao cultivo como alta taxa de crescimento, rusticidade, adaptabilidade a diversas condições de criação, além da boa aceitação pelo mercado consumidor (Do Valle *et al.* 2010). Isso faz com que ela seja a segunda espécie de peixe mais cultivada no mundo.

O centro de treinamento dispõe de 24 tanques terra com uma área de 2000 m² e 1 m de profundidade (figura 2) e neles usa-se uma densidade de 3,5 alevinos por m³ revertido

sexualmente, totalizando 7000 alevinos por tanque. Os peixes são criados em sistema semi-intensivo, usando água verde e suplementado com ração balanceada, a alimentação era administrada de acordo com o estágio dos peixes, sendo fase inicial com uma frequência de 5 vezes por dia e na fase avançada 2 vezes por dia. Os peixes são cultivados durante 3 meses, o tempo estimado para atingir um peso médio corporal (PMC) de 250 g que é o peso comercial e uma taxa de sobrevivência de 90%.

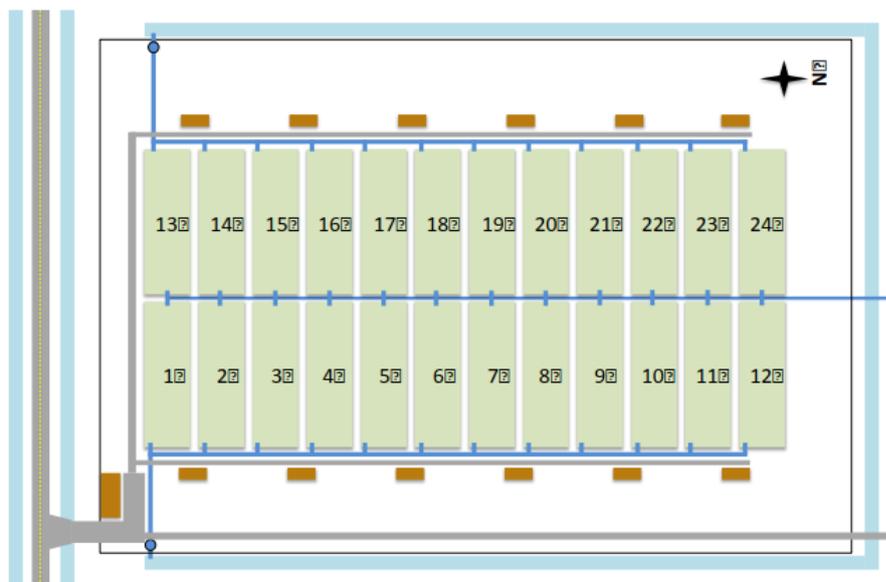


Figura II: Área dos tanques do centro de treinamento.

Fonte: Papá pesca Norgesvel.

5.2.1. Fertilização da água

A fertilização dos tanques era feita sempre que necessário para manter uma água rica em plâncton e os principais fertilizantes usados eram a ureia (fonte de nitrogénio) e super-fosfato simples (fonte de fósforo). A fertilização era feita em dias de sol por volta das 10:00 h – 12:00 h, onde os fertilizantes eram dissolvidos na água antes de serem aplicados nos tanques. A quantidade de fertilizantes usada, esta apresentada na tabela 1.

A fertilização dos tanques tinha como objectivo manter a água verde claro com uma transparência da água variando entre 15 a 30 cm de acordo com as medidas feita com Disco de Secchi.

Tabela I: Quantidades de fertilizantes aplicada nos tanques.

Fertilizante	Mínimo (g/dia)	Máximo (g/dia)
Uréia (46% N)	870	1740
Super-fosfato simples (10% P)	400	800

5.2.2 Procedimento de povoamento

O transporte de alevinos para o local de engorda foi realizado em tanques de 2 m³ contendo hapa com os alevinos, o procedimento ocorreu de forma cuidadosa e segura com o tempo de aclimação dos alevinos no tanque, aumentando assim o tempo de acordo com a diferença de temperatura da água do transporte e a água do tanque, sempre se usando aeração artificial (bomba de ar) no tanque durante o transporte de alevinos, a aclimação dos alevinos teve uma duração média de 5 minutos.

5.3. Alimentação

De acordo com o PMC determinava-se a frequência de alimentação cujo eram alimentados 2 a 5 vezes por dia, cujo a frequência alimentar era maior na fase inicial e menor a medida que os peixes crescem. Na fase inicial os alevinos eram alimentados 5 vezes com uma frequência de 2 h que partia das 8 h – 16 h e na fase adulta eram alimentadas 2 vezes ao dia tendo como primeira alimentação as 9 h e a última as 15 h.

5.3.1. Manutenção da água

Depois de encher o tanque com água e povoar os alevinos era feito a monitorização dos parâmetros de qualidade de água para uma possível adição ou a renovação da água sempre que necessário para manter uma boa qualidade de água durante o período de engorda. Em casos de rápido crescimento de plâncton fazia-se uma renovação da água superficial, em casos de níveis baixos de oxigénio dissolvido, primeiro drenava-se o volume de água desejado e adicionava-se água nova.

5.3.2. Biometria

A biometria era feita quinzenalmente, confinando os peixes num canto do tanque com auxílio de uma rede de pesca, onde capturava-se 100 peixes do tanque, com a balança e um balde, pesava-se todos os peixes da amostra e anotava-se o peso total obtido depois dividia-se pelo número total de peixes pesados e devolvia-se os peixes no tanque com cuidado depois da pesagem.

5.4. Mortalidade dos peixes

Segundo protocolo, os peixes mortos eram retirados do tanque sempre que observado, tanto pela manhã quanto pela tarde e são subtraídos do número total de peixes do tanque.

5.4.1. Monitorização de parâmetros de qualidade de água

Todos os parâmetros foram monitorados com periodicidade semanal com exceção da temperatura, oxigénio dissolvido que foram mensurados diariamente em dois períodos, às

07:00 e às 15:00 h e a transparência num período as 12:00 h. Em casos de níveis críticos de oxigênio dissolvido inferior a 1 mg/L e transparência eram implementadas medidas de renovação da água para assegurar a sobrevivência dos peixes. Quanto aos outros parâmetros como pH, nitrato, nitrito, alcalinidade e dureza foram mensurados com periodicidade semanal por volta das 12:00 h.

5.4.2. Limpezas

De acordo com protocolo de produção, a remoção das plantas que se desenvolviam nos tanques era realizada sempre que sua densidade impedia que os peixes cheguem na extremidade do tanque. Este procedimento era efectuado por meio de foices e capinadoras, com cortes da vegetação tanto no interior quanto no exterior dos tanques.

5.4.3 Processo da despesca

Antes da despesca, o tanque era submetido a um período de jejum mínimo de 24 h, com a suspensão da alimentação no dia anterior, garantindo que os peixes estejam com o trato digestivo vazio. O tanque era drenado de forma controlada, drenando-se 70-80% do volume total de água, concentrando os peixes na área mais profunda próxima ao monge, onde era instalada uma tela de proteção para impedir fugas.

A despesca começava estendendo-se a rede ao longo da parte da entrada da água do tanque, podendo começar da parte de saída de água se necessário, a parte pesada da rede ficava o mais próximo do fundo do tanque e a parte de cima fica cerca de 30 cm acima da superfície da água para evitar que os peixes escapem da rede. A rede era puxada devagar e com cuidado, confinando os peixes e retirados da rede com caixas plásticas de malhas e era feito uma pré-selecção, em seguida eram transportados para a área de selecção onde eram classificados segundo as categorias, colocado no sistema de frio e escoados.

6. CASO DE ESTUDO

Avaliação da qualidade de água no cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques terra na unidade de produção Papá-Pesca

6.1. Introdução

A aquacultura é uma actividade em crescimento que depende directamente da disponibilidade e da qualidade da água, sendo este um dos principais factores determinantes para o sucesso do cultivo (Boyd & Tucker, 2012). A manutenção adequada de parâmetros físico-químicos como pH, oxigênio dissolvido, temperatura, alcalinidade, dureza, nitrito, nitrato e transparência é essencial para garantir o bem-estar dos organismos aquáticos e a eficiência produtiva do sistema de cultivo (Kubitza, 2003).

Esses parâmetros físico-químicos não só determinam a qualidade do ambiente aquático, como também afectam o metabolismo dos peixes, a eficiência alimentar, a resistência a doenças e a sobrevivência, as variações inadequadas podem comprometer o equilíbrio do sistema, resultando em perdas económicas (Sipaúba, 2010). A composição e a qualidade da água em aquacultura dependem de diversos factores, como a fonte de abastecimento, o manejo alimentar, a biomassa, o tempo de residência da água no sistema e a presença de matéria orgânica em decomposição (Souza & Sampaio, 2014).

A estabilidade desses parâmetros influencia directamente processos fisiológicos como a respiração, a excreção, a osmorregulação, além de afectar a biodisponibilidade de nutrientes e a eficiência na conversão alimentar (Furuya, 2010). Parte dos alimentos ingeridos pelos peixes é excretada como fezes no ambiente de cultivo, onde sofre degradação biológica por microrganismos, consumindo oxigênio e libertando amônia e nutrientes, uma maior digestibilidade da ração reduz a perda de nutrientes nas fezes, minimizando impactos na qualidade da água (Kubitza, 2013). A decomposição dos resíduos orgânicos também eleva a carga de nutrientes promovendo a eutrofização, o que reduz a transparência da água e diminui os níveis de oxigênio dissolvido, comprometendo o ecossistema aquático (Senar, 2019).

A manutenção da qualidade da água na aquacultura é requisito básico para o sucesso económico do sistema produtivo.

O conjunto de indicadores (parâmetros de qualidade da água) são ferramentas valiosas, pois permitem fazer uma avaliação mais detalhada do sistema de produção, com base nesses parâmetros é possível se estabelecer planeamento que norteiem o sistema de produção para um cenário mais sustentável (Moura, 2013).

6.2. Revisão bibliográfica

6.2.1. Qualidade de água

A água é o principal componente dos ecossistemas aquáticos e os seus parâmetros de qualidade definidos por factores físicos, químicos e biológicos, interferem directamente na produção de peixes. Condições inadequadas podem afectar o crescimento, reprodução, saúde e sobrevivência dos organismos, comprometendo a eficiência do sistema de cultivo, (Américo *et al.* n.d.).

Na criação de organismos aquáticos, os níveis de alimentação, a qualidade dos alimentos, as práticas de fertilização, o metabolismo do fitoplâncton (fotossíntese e respiração), as condições climáticas e as estratégias de produção, são factores que exercem influência na dinâmica da qualidade da água (Kubitza, 2013). Parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, temperatura e transparência da água influenciam directamente o consumo de ração. Condições adversas podem reduzir o apetite dos peixes e afectar a taxa de conversão alimentar (Queiroz, *et al.* 2021).

Devido a esses factores apresenta-se nesta revisão, os impactos ocasionados as alterações dos parâmetros de qualidade da água.

6.2.2. Efeitos dos parâmetros físico-químicos da água na produção dos peixes.

6.2.3. Oxigênio Dissolvido

A alimentação impacta directamente os níveis de oxigênio dissolvido. Durante a decomposição da matéria orgânica proveniente de restos de ração e fezes, o oxigênio é consumido, o que pode levar a condições de baixo oxigênio, prejudicando a saúde dos peixes, (Holanda & Sá, 2010).

O oxigênio dissolvido é crucial para a sobrevivência e crescimento dos peixes, sendo um factor limitante na aquacultura intensiva. Apesar de abundante na atmosfera, sua solubilidade na água é baixa e influenciada negativamente por factores como temperatura, pressão e salinidade. A fotossíntese das algas representa a principal fonte de oxigênio nos ambientes aquáticos. (Cyrino *et al.*, n.d.).

Na produção de tilápia os níveis ideais de oxigênio dissolvido encontram-se acima de 5 mg/L, níveis abaixo de 2 mg/L podem resultar em stress, representado na (figura 3), reduzindo o consumo de alimento e a resistência, aumentando a incidência de doenças e consequentemente a taxa de mortalidade, altas mortalidades pós-larvas ocorre quando são submetidos a concentração de oxigênio dissolvido abaixo de 1 mg/L (Kubitza, 2009).

Durante a noite, os peixes consomem o oxigênio produzido durante o dia, tornando a madrugada o período mais crítico devido aos baixos níveis desse gás. Para um controle eficaz, recomenda-se medições pelo menos duas vezes ao dia, ao amanhecer (entre 4h e 6h) e ao entardecer (18h).

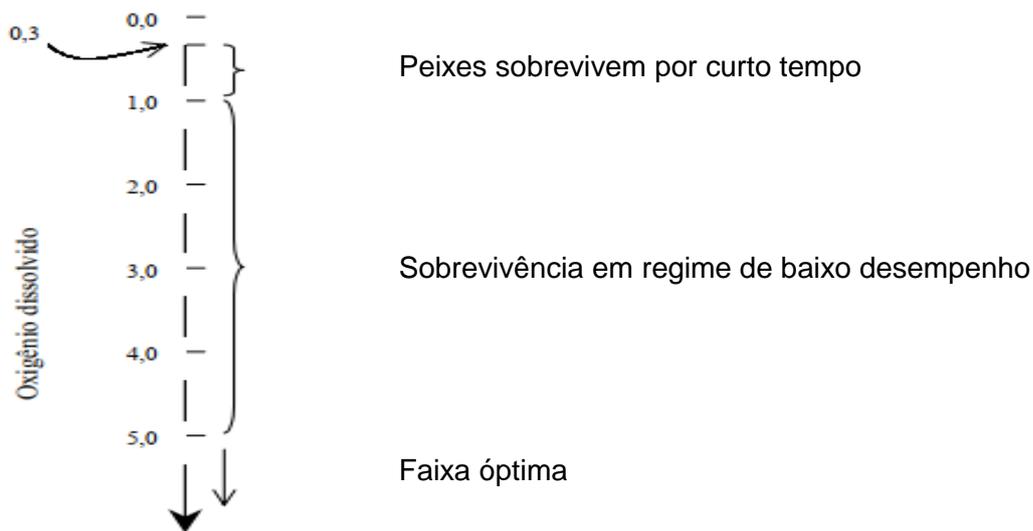


Figura III: Efeito da concentração de oxigênio dissolvido nos peixes.

Fonte: Adaptado de Boyd & Lichtkoppler, 1979.

6.2.4. Temperatura

A temperatura da água é um factor fundamental que influencia os processos químicos e biológicos em um tanque de cultivo. Todas as funções fisiológicas dos peixes, como respiração, digestão, reprodução e alimentação, estão directamente relacionadas à variação térmica da água, impactando seu crescimento e bem-estar (Mercante *et al.* 2007). Os peixes ajustam a sua temperatura corporal conforme a temperatura da água, as espécies tropicais se adaptam melhor entre 20–28 °C, com apetite máximo entre 24–28 °C. Abaixo de 20 °C, o consumo de ração diminui, enquanto acima de 28 °C há perda de apetite, podendo ocorrer mortalidade em temperaturas superiores a 32 °C. (Leira *et al.* 2017).

Segundo Mercante *et al.* (2007), a faixa de temperatura ideal para o cultivo de tilápias varia entre 28 e 32 °C, proporcionando condições favoráveis para o crescimento e desenvolvimento da espécie. Algumas doenças podem surgir quando os peixes são expostos a temperaturas mais baixas (Kubitza, 2011).

6.2.5. Transparência (turbidez e sólidos suspensos)

A transparência é uma medida directamente relacionada com a produção primária, a água de um tanque quando é transparente possibilita que se veja o fundo do mesmo e indica uma baixa produção biológica assimilável, conseqüentemente baixo nível de alimento natural para o crescimento dos peixes (Leira *et al.* 2017a). A transparência da água é mensurada com o auxílio do Disco de Secchi (figura 4). Os sólidos suspensos consistem em partículas sólidas que permanecem dispersas na coluna de água sem se dissolverem, essas partículas podem ser de origem orgânica, como restos de rações não consumidas, fezes dos peixes e material

vegetal em decomposição ou inorgânica, incluindo sedimentos provenientes da erosão do solo e partículas minerais (Chagas, 2015).

Na produção de tilápia do Nilo, a turbidez pode comprometer o crescimento dos peixes, a oxigenação da água e a eficiência dos processos de manejo. Esse fenômeno pode ser causado por factores naturais como erosão do solo e movimentação dos peixes, ou antropogênicos como o excesso de ração não consumida, acúmulo de matéria orgânica e falhas no manejo dos efluentes (Oliveira *et al.* 2017).



Figura IV: Uso de Disco de Secchi para mensurar a transparência da água.

Fonte: Autor.

6.2.6. Compostos nitrogenados (Nitrito e Nitrato)

O nitrogênio é considerado um dos elementos mais importantes nos ecossistemas aquáticos, devido a sua participação na formação de proteínas, podendo actuar como factor limitante da produção primária desses ecossistemas e em determinadas condições, tornar-se tóxico para os organismos aquáticos (Paula & Thais, 2005).

O nitrito é o resultado da oxidação da amônia por bactérias nitrossomonas (Bonifácio *et al.* 2019). O nitrito é altamente tóxico para os peixes e outros organismos aquáticos, especialmente em concentrações elevadas, pois se liga à hemoglobina formando meta-hemoglobina que compromete o transporte de oxigênio no sangue. Esse efeito, conhecido como "doença do peixe azul", pode causar hipóxia, stress e até morte em concentrações elevadas (Boyd & Tucker, 1998).

O nitrato embora menos tóxico que o nitrito, pode causar efeitos adversos quando presente em concentrações elevadas. Em níveis elevados, os nitratos podem promover o

crescimento excessivo de algas, um processo conhecido como eutrofização, que pode reduzir os níveis de oxigênio dissolvido na água e afectar a qualidade da água (Jackson *et al.* 2011).

Embora a toxicidade directa do nitrato seja mais baixa do que a do nitrito, exposições prolongadas a altos níveis de nitrato podem afectar a saúde dos peixes, especialmente nas formas jovens e em altas densidades de cultivo. O nitrato pode interferir no equilíbrio ácido-base dos organismos aquáticos, o que pode causar stress e tornar os peixes mais vulneráveis a doenças (Kubitza, 2011).

6.2.7. Potencial Hidrogeniónico (pH)

A escala do pH compreende valores de 0 a 14, onde 7 indica uma concentração neutra da água, que indica um equilíbrio entre os íons H^+ e OH^- . Para a criação de peixes o intervalo ideal é entre 6.5 e 8.0, valores fora desse intervalo podem comprometer o crescimento, reprodução e saúde dos peixes, podendo causar mortalidade em condições extremas (Kubitza, 2013). A qualidade da ração também influencia o pH da água, rações ricas em fósforo podem elevar os níveis de nutrientes que afectam a alcalinidade e o pH, tornando-os menos favoráveis ao cultivo de tilápia, O pH ideal para tilápias varia entre 6.0 e 9.0 com melhores resultados entre 7.0 e 8.0 (Queiroz *et al.* 2021).

Geralmente, no período da manhã tem se verificado níveis elevados de dióxido de carbono (CO_2) e baixo pH do tanque, isso devido ao processo de respiração que ocorre durante a noite (dióxido de carbono forma um ácido fraco quando dissolve na água). À medida que o CO_2 é removido o pH aumenta, o baixo pH está relacionado a baixos níveis de oxigênio dissolvido, enquanto o alto pH ocorre com maior oxigenação da água (Leira *et al.* 2017).

O pH da água influencia a forma química de diversos compostos, como a amônia, que é tóxica para os peixes. Em águas alcalinas (pH elevado), a amônia se apresenta principalmente na forma não ionizada (NH_3), que é muito mais tóxica do que a forma ionizada (NH_4^+) que ocorre em águas ácidas. Assim o pH elevado pode resultar em aumento da toxicidade da amônia, prejudicando a saúde dos peixes (Boyd, 2017).

6.2.8. Alcalinidade

A alcalinidade total esta directamente ligada à capacidade da água em manter o seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão da água), as águas com alcalinidade total inferior a 20 mg/L $CaCO_3$ apresenta reduzido poder tampão e apresenta significativa flutuação diária nos valores de pH em função dos processos fotossintéticos e respiratórios nos tanques, (Kubitza, 2009). Níveis adequados de alcalinidade são fundamentais para manter o pH dentro da faixa ideal para o cultivo de diferentes espécies, no caso da tilápia do Nilo, o pH entre 6.5 e 9.0 é considerado ideal e a alcalinidade actua para evitar flutuações fora desse intervalo (Kubitza, 2011).

Em tanques fertilizados, a alcalinidade total da água abaixo de 20 mg/L CaCO₃ pode afectar negativamente a produção primária, não pela escassez de nutrientes, mais sim pelo baixo pH na água que esta associado ao baixo nível de alcalinidade. A alcalinidade total desejável nos tanques de cultivos compreende 20 - 150 mg/L CaCO₃ (Cavalcante, 2012).

6.2.9. Dureza

A dureza da água se refere à concentração de íons de cálcio e magnésio, tem um impacto significativo na qualidade da água em sistemas de cultivo de tilápia do Nilo, à medida que a dureza da água aumenta, há uma tendência de diminuição na capacidade dos peixes em aproveitar eficientemente o alimento fornecido. Isso resulta em uma maior quantidade de resíduos orgânicos que se decompõem libertando nitratos e fosfatos na água, (Cavalcante, 2012). A dureza da água influencia a capacidade dos peixes de regular o equilíbrio osmótico, em águas com baixa dureza os peixes podem perder eletrólitos essenciais, enquanto em águas excessivamente duras, pode haver dificuldades na absorção de certos nutrientes (Boyd, 2017).

O aumento da dureza da água está relacionado à maior condutividade elétrica e alcalinidade, influenciando a solubilidade de nutrientes como nitratos e fosfatos. Em altas concentrações, esses compostos podem causar eutrofização, reduzindo a qualidade da água e podendo levar à hipóxia, prejudicando a saúde dos peixes (Matos, 2020). Níveis moderados de dureza total (100 a 150 mg/L de CaCO₃) são ideais para o crescimento e a sobrevivência da tilápia do Nilo, enquanto valores muito baixos ou excessivamente elevados podem comprometer o desempenho produtivo da espécie (El-Sayed, 2020).

6.2.10. Maneio dos efluentes

Na aquacultura, os efluentes consistem na água utilizada nos sistemas de cultivo, contendo restos de ração, excrementos dos peixes, compostos nitrogenados (como amônia, nitrito e nitrato) e outros poluentes. O manejo adequado dos efluentes na aquacultura é essencial para a produtividade do cultivo (Lopes, 2016).

Existem vários sistemas de tratamento de água como filtros biológicos, sistema de recirculação e bioflocos. Filtros biológicos, utilizam bactérias nitrificantes para converter compostos nitrogenados (amônia e nitrito) em formas menos tóxicas, como o nitrato, melhorando a qualidade da água (Thiago *et al.* n.d.). O sistema de recirculação é uma técnica de cultivo em que a água é continuamente tratada e reutilizada dentro do sistema, passando por filtros mecânicos e biológicos para remover resíduos sólidos, compostos nitrogenados e outros contaminantes (Timmons & Ebeling, 2013). O sistema de bioflocos é uma tecnologia aplicada na aquicultura intensiva que promove a formação controlada de agregados microbianos (bioflocos) em tanques ou viveiros, com o objectivo de melhorar a qualidade da água e fornecer proteína natural adicional para os peixes ou camarões cultivados (Krummenauer *et al.* 2011).

Para que a aquacultura continue crescendo de forma sustentável, é fundamental garantir os métodos que permitem com que os resíduos gerados na actividade não cheguem a níveis tóxicos. Sistemas naturais podem alcançar eficiências de remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão na ordem de 70% a 90% (Silveira *et al.* 2013). Para tal, o uso eficiente dos recursos disponíveis é fundamental para minimizar as perdas e maximizar a produtividade na aquacultura.

6.2.10.1. Sedimentação

A sedimentação é uma técnica essencial no manejo da água na aquacultura, utilizada para remover sólidos em suspensão e melhorar a qualidade da água, através da gravidade as partículas sólidas são separadas da água e as partículas mais pesadas se depositam no fundo do tanque permitindo que a água clarificada seja reutilizada (Boyd & Tucker, 1998). Representado na figura 5.

O tanque de sedimentação é uma estrutura projectada para remover sólidos suspensos da água por meio da decantação (Timmons & Ebeling, 2013).

A sedimentação pode ser combinada com outros métodos, como o uso de ostras e macroalgas, para melhorar ainda mais a qualidade da água. Após a sedimentação, a água é transferida para tanques com ostras e em seguida para macroalgas que ajudam na absorção de nutrientes (Júnior *et al.* 2005).



Figura V: **a.** Local de drenagem de águas residuais para tanques de sedimentação; **b.** tanque de sedimentação; **c.** Tubos de abastecimento de água proveniente de tanques de sedimentação.

Fonte: Autor.

6.2.12. Os impactos da aquicultura

Segundo (Valenti, 2002), os impactos ambientais da aquicultura podem ocorrer durante a fase de implementação de um sistema de cultivo e durante a sua operação, como a liberação de efluentes, introdução de espécies exóticas, doenças no meio ambiente e introdução de substâncias tóxicas no meio ambiente.

O uso excessivo de fertilizantes e ração na aquicultura pode aumentar os níveis de nitrogênio e fósforo na água. Quando esses nutrientes se acumulam, podem causar a eutrofização, levando ao crescimento excessivo de algas como observado na figura 6, a presença elevada de matéria orgânica como fezes e restos de ração, reduz os níveis de oxigênio dissolvido na água (Aqua, 2023). As diferentes modalidades da aquicultura podem gerar impactos ambientais diversos dependendo do tipo de sistema de cultivo e das espécies utilizadas (Barbiere *et al.* 2014).

Os parâmetros de qualidade da água interagem de diversas maneiras resultando em alterações que podem provocar impactos negativos no meio ambiente e nos cursos de água (Queiroz & Frighetto, 2003). Sendo assim, os impactos ambientais devem ser considerados e analisados já que a aquicultura é praticada no ambiente aquático e a água é considerada um dos recursos naturais mais importantes para a sobrevivência e para os padrões de crescimento e desenvolvimento das gerações futuras.



Figura VI: Canal externo por onde são drenadas as águas proveniente da produção.

Fonte: Autor

6.3. MATERIAIS E MÉTODOS

O estágio foi realizado na unidade de produção Papá Pesca Lda, no centro de treinamento que conta com 24 tanques. O estudo decorreu entre Setembro a Novembro de 2023 e foram feitas análise em 5 pontos (fonte de abastecimento, 2 tanques em produção, canal de águas residuais e tanques de sedimentação) na produção de Tilápia do Nilo.

No início do estágio, a unidade contava com 19 tanques em operação, cada um com 2000 m² de área e 1 m de profundidade, sendo povoados com uma densidade de 3.5 alevinos sexualmente revertidos por m³, totalizando 7000 alevinos por tanque. Os peixes foram cultivados por um período de 3 meses, tempo estimado para que atinjam peso médio corporal de 250 g, que é o peso comercial, com uma taxa de sobrevivência estimada de 90%.

A produção foi conduzida em um sistema de água verde e suplementada com ração balanceada, administrada conforme a fase de desenvolvimento dos peixes. Durante a fase inicial, a ração foi fornecida 5 vezes ao dia, enquanto na fase avançada a frequência foi reduzida para 2 vezes ao dia.

Este estudo foi conduzido em 3 etapas principais, colecta de dados, análise e interpretação dos resultados. Para a colecta de dados foram utilizadas planilhas de controle dos parâmetros de qualidade da água. As medições ocorreram semanalmente, com exceção da temperatura, oxigênio dissolvido e transparência, que foram monitorados diariamente. Os parâmetros mensurados semanalmente incluíram pH, nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza. Para a obtenção dos dados, foram utilizados diferentes instrumentos, a temperatura e o oxigênio dissolvido foram mensurados com o instrumento Multi-parâmetro, a transparência foi determinada por meio de disco de Secchi, o pH foi medido com um pHmetro digital portátil, os níveis de nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza foram analisados com kits de testes colorimétricos específicos para qualidade da água (Aquatest).

Para analisar o manejo das águas residuais (efluentes) geradas pela actividade, foi realizado uma monitorização do processo de sedimentação. Após o cultivo, os efluentes foram direcionados por meio de um canal até os tanques de sedimentação, onde passaram por um processo de decantação, nesse processo, partículas sólidas em suspensão se depositaram no fundo do tanque, reduzindo a carga orgânica e a turbidez da água.

A análise dos parâmetros de qualidade da água teve como objectivo avaliar as condições ambientais dentro do sistema de cultivo e a eficiência dos processos de manejo, incluindo a sedimentação dos efluentes.

Para a estimação das estatísticas, foram primeiro calculadas as médias e o desvio padrão dos parâmetros de qualidade da água, os resultados finais foram comparados com as recomendações das literaturas.

6.4. RESULTADOS

6.4.1. Parâmetros físico-químicos

A tabela 3 apresenta os valores médios e respectivos desvio padrão dos parâmetros físico-químicos da água analisados nos 5 pontos de monitorização. Os resultados das análises físico-químicas dos efluentes, submetidos ao processo de sedimentação, indicaram pequenas variações nos parâmetros avaliados. As médias de temperatura, oxigênio dissolvido, pH, nitrato, nitrito, alcalinidade, dureza e transparência apresentaram alterações discretas ao longo do sistema.

Tabela III: Valores de parâmetros físico-químicos da água nos 5 pontos estudado, representando Méd±DP.

Parâmetros	unidade	Fonte de abastecimento	Tanque 1	Tanque 2	Águas residuais	Tanque de sedimentação
		Méd±DP	Méd±DP	Méd±DP	Méd±DP	Méd±DP
Temperatura (de manhã)	°C	23.9±2.57	22.9±3.20	23.3±2.42	23.4±2.30	23.6±1.81
Temperatura (de tarde)	°C	26.1±3.52	24.9±4.23	26.6±3.90	26.2±3.31	25.8±2.82
OD (de manhã)	mg/L	4.55±0.68	2.63±1.54	2.34±1.00	1.87±0.53	2.20±0.28
OD (de tarde)	mg/L	6.03±0.88	3.65±2.05	4.25±1.90	2.62±0.62	4.44±1.07
pH	-	7.80±0.20	7.87±0.23	7.70±0.58	8.00±0.40	7.60±0.40
Transparência	cm	100±0.0	16.25±5.28	14.7±4.65	10.67±4.04	41.67±2.89
Nitrato	mg/L	0.0±0.0	0.51±0.02	15.0±8.66	15.0±8.66	6.67±5.77
Nitrito	mg/L	0.0±0.0	0.33±0.29	0.50±0.0	0.50±0.0	0.33±0.29
Dureza	mg/L	125±0.0	166.7±72.2	148±92.2	167±72.1	106.7±31.7
Alcalinidade	mg/L	107±0.0	142±62.4	154±40.9	184±80.7	131±40.99

Fonte: Autor.

6.5. DISCUSSÃO

6.5.1. Parâmetros de qualidade de água

Nos 5 pontos em estudo, as temperaturas da água variaram entre 22.9 °C no período de manhã e 26.6 °C no período de tarde. Esses valores estão abaixo da faixa ideal recomendada para o cultivo de tilápias, que se situa entre 28.0 e 32.0 °C (Mercante *et al.* 2007). A principal causa dessa variação pode estar associada às baixas temperaturas registadas nas primeiras horas do dia, a temperatura da água é influenciada por factores ambientais, como a radiação solar, a profundidade do tanque e as trocas térmicas com a atmosfera. Segundo estudo realizado por Junior (2006), demonstrou que o desempenho produtivo e as relações morfológicas desses peixes são impactados pela temperatura da água, sendo os melhores índices registrados entre 28.0 e 32.0 °C. Embora a tilápia possa tolerar uma ampla gama de temperaturas, os estudos sugerem que para um crescimento ideal, as temperaturas devem ser mantidas entre 27.0 e 32.0 °C. Estudo feito por Rebouças *et al.* (2014) observaram que temperaturas constantes entre 24.0 e 25.0 °C podem não ser ideais para maximizar o crescimento e a saúde dos peixes. Embora a tilápia seja uma espécie relativamente resistente a variações térmicas, a manutenção da temperatura na faixa óptima (27.0 a 32.0 °C) é fundamental para otimizar a conversão alimentar, a taxa de crescimento e a eficiência produtiva no cultivo.

Em todos os 5 locais avaliados, as médias de oxigênio dissolvido (OD) variaram de 1.87 mg/L no período de manhã e 6.03 mg/L de tarde, sendo que os valores mais foram registados nas águas residuais. Os valores indicam que, embora nenhuma das medições tenha ficado abaixo do limite crítico de 2 mg/L nos tanques de cultivo, recomendado por Kubitzka (2009), também não atingiram consistentemente o nível ideal de 5 mg/L ou mais, conforme recomendado por Sant (2021), A variação nos níveis de OD pode estar relacionada a diversos factores, incluindo a decomposição da matéria orgânica, a floração de algas e a alta biomassa de peixes no sistema aquícola. Os resultados obtidos neste estudo estão em concordância com estudo realizado por Campeche *et al.* (2011), que avaliaram o efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido no cultivo de tilápia em água salobra e identificaram que a faixa ideal para o crescimento e a saúde da tilápia situa-se entre 3 e 5 mg/L.

Ao longo dos 5 pontos de colecta dos dados, os valores de pH variaram entre 7.60 e 8.00, estando dentro da faixa considerada ideal para a produção de peixes, que é de 6.50 a 8.00 (Kubitzka, 2013). A estabilidade do pH pode estar relacionada à qualidade da água de abastecimento, além da actividade biológica no sistema, como a fotossíntese do fitoplâncton, que reduz o CO₂ e eleva o pH durante o dia, e a respiração dos organismos, que pode causar uma leve acidificação à noite. Segundo Lemos (2017) ao avaliar o efeito do pH da água no

crescimento e metabolismo da tilápia do Nilo, encontrou valores de pH variando entre 7.00 e 8.00, similares aos observados neste estudo. Estudos realizado por Senar (2019) indicam que, para a maioria das espécies cultivadas, o pH deve ser mantido entre 6.50 e 8.50. Esses resultados indicam que a água dos tanques analisados apresenta condições adequadas para o desenvolvimento da espécie, garantindo um ambiente estável para seu crescimento e bem-estar fisiológico.

Considerando os 5 locais de amostragem, os níveis de nitrato variaram entre 0.00 e 15.00 mg/L, com concentrações mais elevadas observadas nas águas residuais. Esses valores podem estar associados a restos de ração não consumida e à descarga de efluentes, que intensificam a conversão do nitrogênio orgânico em nitrato. A FAO (2017) recomenda que os níveis de nitrato sejam mantidos abaixo de 20.00 mg/L para evitar impactos negativos nos organismos aquáticos e garantir a sustentabilidade dos sistemas de aquacultura. enquanto Kroupova *et al.* (2005) indicam que concentrações de até 10 mg/L são seguras para a maioria das espécies de peixes. No entanto, os valores mais altos observados neste estudo ultrapassam esse limite, especialmente nas áreas de descarte de efluentes, o que pode representar riscos ambientais, como a eutrofização.

Para nitrito (NO_2^-) nas 5 áreas em estudo, os níveis variaram entre 0.00 e 0.50 mg/L, situando-se dentro do intervalo considerado aceitável para sistemas de aquacultura. As concentrações mais elevadas foram registradas nas águas residuais, o que pode estar relacionado à maior carga de efluentes, à decomposição da matéria orgânica e à ração não consumida. Estudo realizado por Silva (2013) aponta que, embora o limite máximo tolerado para os peixes seja de 0.50 mg/L, os níveis ideais para um ambiente saudável devem ser significativamente mais baixos, em torno de 0.01 mg/L. já Camargo & Alonso (2006) sugerem que a manutenção do nitrogênio total abaixo de 0.50 mg/L pode prevenir a acidificação e a eutrofização dos ecossistemas aquáticos, reforçando a necessidade de estratégias eficazes de manejo para controlar os compostos nitrogenados na aquacultura.

Nos 5 locais examinados, os valores de dureza total variaram entre 106.7 mg/L e 167.0 mg/L de CaCO_3 . Embora o limite mínimo estejam dentro da faixa ideal recomendada por Kubitzka (2011) que estabelece um intervalo entre 100 e 150 mg/L para o cultivo da tilápia do Nilo, o limite máximo ultrapassam o recomendado. A dureza mais acentuada foi observada nas águas residuais, possivelmente devido ao uso frequente de fertilizantes e cal na manutenção dos tanques, além de processos naturais de evaporação que podem concentrar os minerais dissolvidos na água.

Estudos, como o de Boyd (2017), indicam que valores superiores a 150 mg/L de CaCO_3 podem não representar riscos directos para a tilápia, desde que outros parâmetros da qualidade da água sejam controlados. No entanto, a manutenção da dureza dentro da faixa recomendada é importante para otimizar o desempenho produtivo e minimizar possíveis impactos no ecossistema aquático.

Nos 5 pontos analisados, os valores de alcalinidade apresentaram uma média de 134 mg/L nos tanques de cultivo e 184 mg/L nas águas residuais, porem os valores dos tanques de cultivo estiverem na faixa recomendada para a aquicultura, que se situa entre 20 e 150 mg/L, sendo que níveis acima de 60 mg/L são considerados benéficos para o crescimento e a saúde dos peixes segundo (Cavalcante, 2012; Queiroz *et al.* 2021). esses valores é possivelmente devido ao acúmulo de compostos alcalinos resultantes da aplicação de fertilizantes e da decomposição da matéria orgânica, processos que podem intensificar a elevação da alcalinidade no sistema aquícola. Já segundo Boyd (2003), os níveis de alcalinidade recomendados para a aquicultura devem variar entre 20 e 200 mg/L de CaCO_3 , sendo que valores entre 50 e 150 mg/L são considerados ideais para a maioria das espécies cultivadas, tornando assim os valores obtidos nesse estudo dentro da faixa aceitável.

Esses níveis favorecem a estabilização do pH, criando um ambiente mais estável e propício ao crescimento saudável dos peixes. A alcalinidade adequada desempenha um papel fundamental na estabilidade do pH, actuando como um agente tampão que minimiza variações bruscas que poderiam comprometer a homeostase dos organismos aquáticos (Bonifácio *et al.* 2019).

6.6. CONCLUSÃO

Os resultados da análise da qualidade da água na unidade de produção Papá Pesca Lda. indicaram de modo geral, condições adequadas para o cultivo de tilápia do Nilo, com o oxigénio dissolvido, pH e dureza dentro das faixas recomendadas para a espécie, favorecendo a estabilidade química e o equilíbrio osmótico dos peixes. O sistema de manejo das águas residuais adotado na produção demonstrou ser eficiente, contribuindo para a melhoria da qualidade de água proveniente da produção.

No entanto, os níveis de nitrato, nitrito e alcalinidade nas águas residuais e no tanque 2, embora dentro da faixa aceitável, apresentaram-se ligeiramente acima dos valores recomendados para a aquacultura sustentável. Esses desvios podem ser atribuídos a factores como a elevada biomassa de peixes que aumenta a excreção de resíduos, o acúmulo de compostos alcalinos decorrente da aplicação frequente de fertilizantes e cal na manutenção dos tanques, além da ocorrência de floração de algas.

6.7. RECOMENDAÇÃO

Recomenda-se a adoção de práticas adicionais, como melhorias no sistema de sedimentação ou implementação de filtros mecânicos e biológicos, para garantir que os efluentes gerados estejam dentro dos valores aceitáveis, garantindo assim menor impacto ambiental dos efluentes gerados na produção da tilápia.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Américo, J. H. P., Torres, N. H., Machado, A. A., & Carvalho, S. L. (sem data). *Consequências na qualidade da água*. 137–150.
2. Aqua, B. (2023). *Aquicultura: Uma Exploração Sustentável dos Recursos Aquáticos e seus Impactos Socioambientais*. <https://braqua.com.br/aquicultura-uma-exploracao-sustentavel-dos-recursos-aquaticos-e-seus-impactos-socioambientais/>
3. Bonifácio, A. D., De Albuquerque, Á. de A. A., Silva, A. H. G. da, Antonello, A., Borges, F. de F., Gomes, M. da S., & Chechi, L. J. (2022). proposta de um sistema de gestão ambiental para aquacultura. 34–39.
4. Boyd, C. E. (2017). *Water Quality: An Introduction*. Springer.
5. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (1998). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Science & Business Média.
6. Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Springer Science & Business Media.
7. Boyd, C. E. (2003). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Auburn University, Alabama, USA.
8. Camargo, J. A., & Alonso, Á. (2006). *Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment*. 32, 831–849. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2006.05.002>
9. Campeche, F. B., Paulino, V., Dário, D., & Castro, E. B. De. (2011). *Efeito da temperatura e do oxigênio dissolvido em água salobra no cultivo de tilápia*. 415–422.
10. Cavalcante, D. de H. (2012). *Relação dureza/alcalinidade da água e seus efeitos sobre a qualidade da água, do solo e desempenho zootécnico de juvenis de tilápia do Nilo*. 45.
11. Chagas, D. S. (2015). *Relação entre concentração de sólidos suspensos e turbidez da água medida com sensor de retroespalhamento óptico. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Agrícola)*, 78.
12. Cyrino, J., Sampaio de Oliveira Costa, A. A., Eurico Possebon Cyrino, J., & de Piscicultura, S. (n.d.). *Curso Introdução à Piscicultura*.
13. EL-Sayed, A. (2020). *Tilapia Culture*. Academic Press.
14. FAO. (2017). *Aquaculture Development*. 6. Culture of Tilapia. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
15. Holanda Cavalcante, D., & Carmo e Sá, M. V. (2010). *Efeito da fotossíntese na alcalinidade da água de cultivo da tilápia do Nilo*. *Revista Ciencia Agronomica*, 41(1), 67–72.

16. Jackson, C. J., Parker, J. M., Moffett, K. E. (2011). The influence of elevated nitrate and nitrite on the growth of aquatic organisms. *Journal of Aquaculture and Fisheries*.
17. Junior, A. M. (2006). *Efeitos da temperatura no desempenho e na morfometria de tilápia oreochromis niloticus de linhagem tailandesa*. 66.
18. Júnior, V. C., Andrade, L. N., & Bezerra, L. N. (2005). *Reúso de água em um sistema integrado com peixes, sedimentação, ostras e macroalgas*. 118–122.
19. Kubitza, F. (2009). Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aquicultura*, 19(115), 14-21.
20. Kubitza, F. (2011). Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. Jundiaí, SP: Aqua Imagem.
21. Kubitza, F. (2013). Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. *Jornal da Aquicultura*, 35(4), 26-32.
22. Kroupova, H., Machova, J., & Vobodova, Z. (2005). Nitrite influence on fish: a review. *Veterinary Medicine*, v. 50, n. 11, p. 461-471.
23. Krummenauer, D. et al. (2011). Desempenho produtivo e eficiência econômica da criação de *Litopenaeus vannamei* em sistema BFT. *Panorama da Aquicultura*, 21(124), 42–51.
24. Leira, M. H., Tavares, L., Braz, M. S., Melo, C. V., Botelho, H. A., & Reghim, L. S. (2017a). *Qualidade da água e seu uso em pisciculturas Water quality and its use fish farms*. 11, 11–17.
25. Leira, M. H., Tavares, L., Braz, M. S., Melo, C. V., Botelho, H. A., & Reghim, L. S. (2017b). *Qualidade da água e seu uso em pisciculturas Water quality and its use fish farms*. 11, 11–17.
26. Lemos, C. H. D. P. (2017). *Efeito do pH da água no crescimento e no metabolismo de tilápia-do-nilo e pintado amazônico*. 11, 69.
27. Lopes, C. D. S. (2016). *Caracterização e potencialidade de produção da tilápia na bahia*. 4, 43.
28. Luiz, W., Silva, M., Frozzi, J. C., Da, J., Fonseca, S., Lessa De Souza, A., De Siqueira, J., Salvador, P., Neto, P., Ribeiro, T., César, M., & Campos, C. (2018). a Sustentabilidade Na Aquicultura: Dimensões Social, Econômica e Ambiental - Uma Revisão De Literatura. *EDUCAmazônia - Educação Sociedade e Meio Ambiente*, 10(1), 87–108.
29. Minayo, M. C. S. (2010). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. São Paulo: Hucitec.
30. Matos, C. R. (2020). *Níveis de dureza total da água, pela adição de cloreto de cálcio, no cultivo de juvenis de tilápias do Nilo*.

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-218985>

31. Ministério da Administração Estatal. (2005). *Perfil Do Distrito De Inhassunge Província Da Zambézia*.
32. Moura, R. S. T. De. (2013). *Indicadores de sustentabilidade na avaliação do sistema de cultivo de tilápia do Nilo em tanques-rede no reservatório de santa cruz*.
33. Oliveira, A. R. M. De, Borges, A. C., De, A. T., Matos, Nascimento, M., & Ferreira, S. H. G. (2017). Correlação entre a turbidez e a concentração de sólidos suspensos nas águas da bacia do rio piranga. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 1–2.
34. Paula, F. P. L., & Thais J. M. C. (2005). *A amônia nos sistemas de criação de peixes e seus efeitos sobre a qualidade da água. uma revisão* (Vol. 31, Issue 1).
35. Pereira, R. S., Niencheski, & Baumgarten, (2014). Simpósio de recursos hídricos do sul e simpósio de águas da condição ambiental da lagoa dos patos.
36. Proença, C. E. M., Santos, C. F. A., Motta, E. J. O., Távora, F. M., Mizael, F. H., Santos, H. L. C., Rosa, J. C. de S., Carvalho, J. S. O., Marcelino, K. R. A., Santos, L. S., & Rocha, L. G. (2019). Criação de peixes em tanques-rede.
37. Queiroz, J. F., Frasca-Scorvo, C. M. D., Filho, J. D. S., Turco, P. H. N., Losekann, M. E., Ishikawa, M. M., & Alves, J. M. C. (2021). Recomendações práticas para avaliação da qualidade da água na produção de tilápia.
38. Queiroz, J. F. de, & Frighetto, R. T. S. (2003). Aquacultura e Meio Ambiente Qualidade de Água e Boas Práticas de Maneio. 74–87.
39. Queiroz, J. F., Alves, J. M. C., Losekann, M. E., Frasca-Scorvo, C., Scorvo Filho, J., & Ferri, G. H. (2021). Maneio alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis Niloticus*) . *Embrapa Meio Ambiente*, 1–37.
40. Rebouças, P. M., Lima, L. R., Dias, Í. F., & Barbosa, J. A. D. (2014). Influência da oscilação térmica na água da piscicultura. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 2(2), 35–42. <https://doi.org/10.14269/2318-1265.v02n02a01>
41. Sant, B. D. (2021). *Biometric monitoring of Nilo tilapes (Oreochromis Niloticus) in a water recycling system under different densions*. 82–90. <https://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.003.0009>
42. Senar, C. (2019). *Piscicultura: manejo da água*.
43. Signor, A. A., Boscolo, W. R., Bittencourt, F., Feiden, A., Gonçalves, G. S., Marcela, J., & Freitas, A. D. (2010). *Revista brasileira de zootecnia desempenho de juvenis de tilápia-do-Nilo alimentados com rações contendo complexo enzimático*. 977–983.

44. Sipaúba, T. L. H. (2010). *Limnologia Aplicada à Aquicultura*. Embrapa.
45. Silva, M. J. D. S. (2013). *Efeito agudo da amônia e do nitrito em tilápias oreochromis niloticus mantidas em baixa salinidade*.
46. Silvert, W. (1992). Assessing environmental impacts of finfish aquaculture in marine waters. *Aquaculture*, 107(1), 67–79. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(92\)90050-U](https://doi.org/10.1016/0044-8486(92)90050-U)
47. Silveira, M., Moura, G., Marcos, S., Losekann, E., & Hisano, H. (2013). *Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes*. 39. <http://www.cnpma.embrapa.br>
48. Souza, M. N. et al. (2014). Dynamic o systems and the modeling with the use Stella. *Academic Journals Database*, v.4, p.23-37.
49. Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). *Recirculating Aquaculture*. Ithaca Publishing.
50. Thais, J. M. C., Keller, M. Y., Ferreira, C., Saviolo, O. J., Schmidt, R. M. P. C., & Tucci, A. (2007). Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo: caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. *Bioikos*, 21(2), 79–88.
51. Thiago, P., Barbosa, L., Pires, L. B., Franklin, M., Plates, M., Martins, X., Gonsalo, T., Povh, J. A., Alberto, R., & Correa, C. (sem data). *Sistema bioflocos*. 308–313.
52. Triviños, A. N. S. (1987). *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas.
53. Valenti, W. C. (2002). Aqüicultura sustentável. *Development*, 111–118.

8. ANEXOS

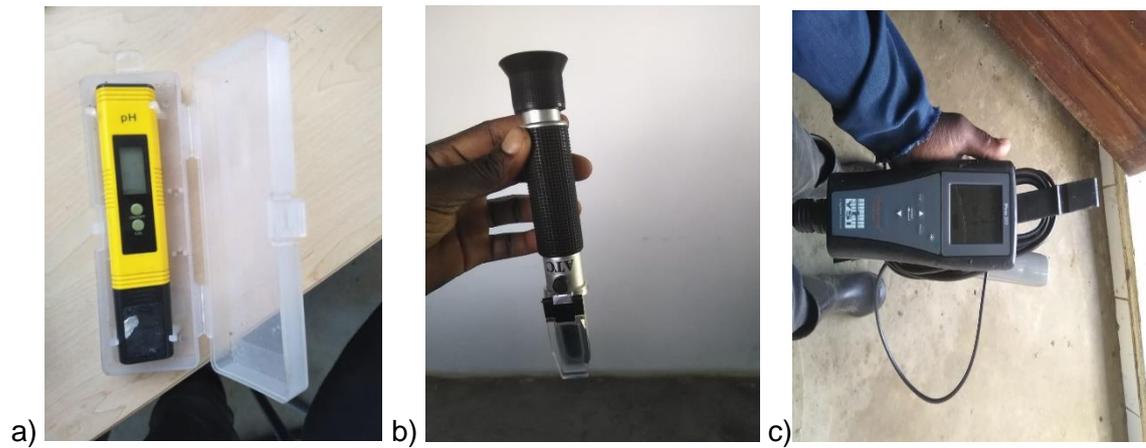


Figura VII: a) Termómetro; b) salinómetro; c) Mult-parametro.

Fonte: Autor.