



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ALBERIA JACQUELINE ALVES MARANHÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Uso de tampas plásticas como mídia filtrante alternativa em Aquacultura:
primeiro protótipo de filtro**

Recife – PE

SETEMBRO - 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MONOGRAFIA

**Uso de tampas plásticas como mídia filtrante alternativa em Aquacultura:
primeiro protótipo de filtro**

ALBERIA JACQUELINE ALVES MARANHÃO

Graduanda

Professor Dr. Fernando Figueiredo Porto Neto (UFRPE)

Orientador

Recife – PE

SETEMBRO - 2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Ana Catarina Macêdo – CRB-4 1781

M311u Maranhão, Albéria Jacqueline Alves.
Uso de tampas plásticas como mídia filtrante alternativa em aquicultura: primeiro protótipo de filtro / Albéria Jacqueline Alves Maranhão. - Recife, 2024.
47 f.; il.

Orientador(a): Fernando Figueiredo Porto Neto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Aquicultura. 2. Filtros e filtração. 3. Água - Qualidade. I. Porto Neto, Fernando Figueiredo, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

ALBERIA JACQUELINE ALVES MARANHÃO

Graduanda

Monografia submetida ao Curso de Zootecnia como requisito parcial para obtenção do grau de bacharel em Zootecnia

Aprovado em 01/10/2024

EXAMINADORES:

Professor Dr. Fernando Figueiredo Porto Neto
(Orientador)

Profa. Dr. André Carlos Pimentel
(UFRPE)

Professor Dra. Darcelet Teresinha Malerbo-Souza
(UFRPE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que o Universo conspirasse ao meu favor possibilitando alcançar novos horizontes e altos voos.

Gratidão a minha sábia mãe: Dona ÁLBÉRIA Brasilina *in memoriam* (1935 à 2022), que sempre com altivez em suas palavras me dizia: És inteligente, corajosa, e uma Grande Mulher.

Aos meus irmãos e familiares um muito obrigada. E aos amigos que passaram por minha jornada de vida, gratidão! E aos novos que estão sempre se formando, prazer em conhecê-los e agradecer-los por ser um pouco de "mestres", pois todos os dias a convivência é sempre um aprendizado.

Vale ressaltar a grande valia no egresso e término dos cursos técnicos vinculados a UFRPE nos curso de Técnico em Alimentos e Técnico Agrícola que me impulsionaram ao desafio de fazer: Bacharel em Zootecnia.

Agradecer a todo corpo técnicos do DZ, inclusive, os funcionários terceirizados que sempre nos tratam com carinho, presteza e celeridade. E meus amiguinhos jovens que me acolheram sem preconceitos e sempre me ajudando nesse meu legado DZ,! Um muito obrigada a todos.

Lembrar da Mariane e da Juliane Amorin e de suas relevantes importâncias em minha vida emocional e acadêmica.

E para quem bem me conhece, deve estar sentindo falta de duas pessoinhas dessa mãe Corujaque, pessoinhas peculiares essas que cumpriram em tempo hábil e precoce as suas graduações e independência profissionais e emocionais e com isso facilitando o início e o término do meu ciclo profissional: BACHAREL EM ZOOTECNIA.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3.	BREVE REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1	Remoção de Amônia Total e Nitrito em Aquicultura, e Manutenção de pH Neutro.....	15
3.2	Importância dos Filtros na Aquicultura.....	17
3.3	Tipos de Filtros e Suas Funções.....	17
3.4	Benefícios para a Saúde dos Organismos.....	18
3.5	Impacto Ambiental e Sustentabilidade.....	18
3.6	Tampas de garrafas PETs.....	18
3.7	Custos de filtros para produção de organismos aquáticos.....	19
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....	21
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
6.	CONCLUSÕES.....	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Resultados obtidos no sistema de filtração com tampas de garrafas PETs.....	29
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Estação de Piscicultura Johei Koike (UFRPE), e a configuração dos seus 10 principais viveiros.....	21
Figura 02 - Efeito do sistema de derivação na qualidade água entre canal de abastecimento e os viveiros 1, 2 e 3.....	22
Figura 03 - Aspecto da turbidez da água coletada no viveiro 3.....	23
Figura 04 - Aspecto do filtro experimental, com mostrando as perfurações laterais, a mangueira de aeração por baixo, e as tampas dentro do filtro.....	24
Figura 05 - Aspecto do modelo experimental, com três tanques não translúcidos (azuis), e três garrafas PET inseridos dentro de cada um.....	25
Figura 06 - Aspecto do modelo experimental, em relação ao sistema de aeração, com aeradores iguais, de mesma potência.....	26
Figura 07 - Aspectos dos kits de análises para Nitrito, pH e amônia tóxica.....	27
Figura 08 - cartelas com paletas de cores para determinação de teores dos parâmetros analisados..	28
Figura 09 - Setas apontam presença de pirarucus na superfície do viveiro 3 (Estação Johei Koike, UFRPE), e a coloração e turbidez no momento da coleta de água.....	30
Figura 10 - Diferenças entre a transparência da água entre o início e fim deste experimento, apenas com o resultado da filtração biológica e mecânica - fotos feitas sob mesma condição de luz.....	32
Figura 11 - Aderência de bactérias nas garrafas, após experimentação.....	33
Figura 12 - Aspecto do material particulado recolhido dos filtros após o experimento.....	34
Figura 13 - Gráficos de variação entre o pH e os demais parâmetros.....	36

RESUMO

O uso da água aumenta na medida em que a aquicultura cresce. A qualidade e quantidade de água é primordial para a aquicultura, principalmente piscicultura e carcinicultura interior (água doce). Outro requisito é o aspecto de efluentes tratados, em descartes no meio ambiente. Assim, o presente trabalho visa testar e dimensionar um modelo de filtro sustentável, utilizando tampas plásticas como mídia filtrante. Foram utilizadas garrafas de 10 litros de água (PET), perfuradas em suas laterais, com cerca de 200 tampas de garrafas PETs como mídia filtrante, simulando assim um filtro biológico e mecânico. Bombas de aquário foram introduzidas no interior das garrafas, fazendo uma circulação de bolhas onde a água é empurrada para cima, e a água a ser filtrada entra na garrafa em um sistema dinâmico de circulação de água. As bactérias que se instalam no filtro irão reduzir a matéria orgânica (nutrientes nitrogenados), e o formato de cada tampa reduz a velocidade de matéria particulada dentro do filtro, diminuindo a turbidez, e concentrando esta matéria orgânica particulada, e outros detritos, dentro do filtro. Isto torna os filtros mais leves e baratos, substituindo mídias tradicionais (como as feitas com cerâmica), e reduzindo o descarte de tampas plásticas no meio ambiente, dando um reuso para este tipo de material. O experimento foi conduzido em três tanques de 20 litros, abastecidos com água de efluentes de piscicultura oriunda da Estação de Piscicultura Continental Johei Koike, na UFRPE. Os dados físico-químicos foram avaliados a cada 3 dias. Os resultados apontam que houve estabilização de pH, onde a água tinha inicialmente pH de 6 (em média), para 7. Houve melhora da transparência, e melhora na degradação da amônia total e nitrito, fatores chave na qualidade de água, visando melhora nas condições de manejo e produtividade em aquicultura.

PALAVRAS-CHAVE: sistema filtração; qualidade de água; aquicultura.

ABSTRACT

Water use increases as aquaculture grows. The quality and quantity of water is essential for aquaculture, mainly fish farming and indoor shrimp farming (freshwater). Another requirement is the aspect of treated effluents in discharges into the environment. Therefore, the present work aims to test and design a sustainable filter model, using plastic covers as filter media. 10-liter water bottles (PET) were used, perforated on their sides, with around 200 PET bottle caps as filtering media, thus simulating a biological and mechanical filter. Aquarium pumps were introduced inside the bottles, creating a circulation of bubbles where the water is pushed upwards, and water to be filtered enters the bottle in a dynamic water circulation system. Bacteria that settle in the filter will reduce organic matter (nitrogenous nutrients), and the shape of each cap reduces the velocity of particulate matter within the filter, reducing turbidity, and concentrating this particulate organic matter, and other debris, within the filter. This makes filters lighter and cheaper, replacing traditional media (such as those made with ceramic), and reducing the disposal of plastic lids in the environment, reusing this type of material. The experiment was conducted in three 20-liter tanks, supplied with water from fish farming effluents from the Continental Johei Koike Fish Farming Station, at UFFRPE. Physical and chemical data were evaluated every 3 days. The results indicate that there was stabilization of pH, where the water initially had a pH of 6 (on average), to 7. There was an improvement in transparency, and an improvement in the degradation of total ammonia and nitrite, key factors in water quality, aiming to improve the management conditions and productivity in aquaculture.

KEYWORDS: filtration system; water quality; aquaculture.

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura, prática de cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados, tem se consolidado como uma importante alternativa para a produção de alimentos, contribuindo significativamente para a segurança alimentar global. No entanto, o sucesso e a dessa atividade dependem fortemente da manutenção da qualidade da água nos sistemas de cultivo, seguindo o nível de conhecimento de várias áreas da ciência, como a limnologia, ictiologia, botânica, fisiologia, microbiologia, parasitologia, dentre outros (ALVAREZ, 1999).

O controle de variáveis da água de criação de peixes ou camarões, e sua reprodução e crescimento, é essencial em projetos de aquicultura, já que a sobrevivência e o crescimento de peixes estão diretamente relacionados a esses fatores em sistemas semi e intensivos (SIPAÚBA-TAVARES, 1992).

Segundo a Sociedade Nacional de Agricultura (SNA, 2016), a qualidade da água em qualquer sistema de criação é de grande importância para obter bons resultados na produção, porém, na piscicultura é fundamental, pois é considerada a principal matéria prima de todo processo produtivo.

De acordo com KUBITZA (2009A), águas em condições e qualidades inadequadas em criação de organismos aquáticos resultam em prejuízos à produção, saúde, qualidade e sobrevivência dos peixes ou camarões aumentando a incidência de doenças parasitárias e reduzindo proporcionalmente a qualidade nutricional e na qualidade da água, causando assim, perdas significativas na produção.

A dinâmica dos processos biológicos e físico-químicos determinam as condições da qualidade de água, sendo transportados de maneira cíclica pelos diferentes níveis dentro da cadeia aquática, desde os produtores, passando pelos consumidores, decompositores e de novo aos produtores (LAZZARO, 1987).

Neste contexto, a filtração da água emerge como um aspecto crucial, pois a qualidade da água afeta diretamente a saúde dos organismos aquáticos, a eficiência dos sistemas de cultivo e o impacto ambiental da atividade.

A água utilizada na aquicultura pode conter uma variedade de contaminantes, como partículas em suspensão, matéria orgânica, patógenos e substâncias tóxicas, que podem comprometer a saúde e o crescimento dos organismos cultivados. Portanto, a implementação de sistemas de filtração

eficazes é essencial para garantir a remoção desses contaminantes e para manter as condições ideais de crescimento e desenvolvimento dos organismos aquáticos (SIPAÚBA-TAVARES, 1992).

A importância dos filtros na aquicultura não pode ser subestimada. Eles são essenciais para manter a qualidade da água, garantir a saúde dos organismos aquáticos e promover a sustentabilidade ambiental (QUEIROZ e BOEIRA, 2007). A escolha adequada e a manutenção eficaz dos sistemas de filtração são cruciais para o sucesso dos sistemas de cultivo e para a preservação dos recursos hídricos. Investir em tecnologias de filtração de alta qualidade e em práticas de manejo responsáveis contribui para o desenvolvimento sustentável da aquicultura e para a proteção dos ecossistemas aquáticos (OSTRENSKY, A.; BOEGER, 1998).

A aquicultura, como uma prática complexa e delicada que envolve o cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados, tem que garantir a saúde e o crescimento ótimo desses organismos, sendo essencial manter uma qualidade de água ideal (KUBITZA, 2000). Entre os principais parâmetros a serem monitorados e controlados estão os níveis de amônia total, nitrito e o pH da água. A remoção eficaz de amônia total e nitrito, juntamente com a manutenção de um pH neutro, é crucial para a saúde dos organismos e para a eficiência geral do sistema de cultivo, pois estão entre os principais requisitos para o metabolismo ótimo de peixes e crustáceos (além da manutenção de níveis elevados de oxigênio dissolvido e temperatura ideal), em acordo com BOYD (2018).

A gestão eficaz da qualidade da água em sistemas de aquicultura exige uma atenção constante à remoção de amônia total e nitrito, além da manutenção de um pH neutro. O controle desses parâmetros não só promove um ambiente saudável e estável para os organismos aquáticos, mas também contribui para a eficiência e a sustentabilidade do sistema de cultivo. A implementação de sistemas de filtração adequados, a realização de manutenção regular e o monitoramento contínuo são essenciais para alcançar e manter a qualidade ideal da água, garantindo o sucesso e a viabilidade a longo prazo da aquicultura (BOYD e TUCKER, 2012).

No entanto, as necessidades e os sistemas de filtração para aquicultura ou aquarismo podem variar significativamente, refletindo em diferenças notáveis nos preços dos filtros utilizados. Desta forma, filtros (independentemente do tipo – mecânico, biológico ou químico) apresentam custos mais elevados, e necessitam de constante substituição de mídia filtrante.

A comparação entre os preços de filtros para aquicultura e aquarismo revela diferenças significativas, principalmente devido às variáveis de escala e complexidade. Enquanto os filtros para aquicultura são projetados para lidar com volumes maiores de água e uma maior carga de

resíduos, resultando em custos mais altos, os filtros para aquarismo são mais acessíveis, adequados para ambientes menores e menos exigentes. Compreender essas diferenças é crucial para a escolha adequada do sistema de filtração, garantindo a eficiência e a sustentabilidade tanto em sistemas de cultivo quanto em aquários. Assim, a confecção de filtros mais baratos e duradouros pode ser um fator crucial na redução de custos, e manutenção de níveis ótimos de qualidade de água.

Em aquicultura, entende-se por mídia filtrante todos aqueles elementos artificiais que são usadas nos filtros para melhorar a filtragem dos aquários ou tanques de até 500 litros, tanto na filtragem biológica, como mecânica. No geral, recomenda-se utilizar cerca de 1 quilo de mídia biológica para cada 50 litros de água no aquário/tanque (PASTANA FILHO et al, 2004). Embora essa proporção possa variar de acordo com as espécies de peixes e a quantidade de carga biológica presente no ambiente.

Paralelamente, o mundo sofre com a poluição por resíduos sólidos, que se acumulam em vários níveis no meio ambiente, tanto em ambientes aquáticos quanto terrestres. Dentre os principais resíduos sólidos atualmente no Brasil, destacamos garrafas PET (ABRELPE, 2011). O descarte sem controle acaba poluindo rios ou cursos de água, além de lagos. As garrafas PET tem um tempo de vida útil estimado entre 100 e 145 anos, mas para as tampas, o tempo estimado é de 100 a 500 anos, dependendo da acidez ou salinidade do corpo de água em que se encontra, da temperatura, erosão ou atrito com outras superfícies etc (OFITEXTO, 2023).

Para garantir segurança e qualidade no comércio de água mineral, refrigerantes e sucos, as tampas para garrafas PETs são produzidas com plástico reforçado, ideal para suportar impactos moderados, variação de temperatura e uma série de condições adversas. O tamanho de cada tampa é de 28 mm (diâmetro), podendo variar em altura, sendo esta tampa composta de enchimento a frio e quente, com e sem carbonatação (ABNT, 2006).

Em comparação de preços para mídias de cerâmica (as mais duráveis e reutilizáveis), cerca de 300g de mídia filtrante para aquários pode variar entre R\$ 30,00 e R\$50,00, e em algumas estimativas por sites de venda online, mídias para um filtro com cerca de 6 litros de água podem chegar a um valor de R\$ 160,00. Por cada quilo de tampinha de garrafa plástica, a indústria da reciclagem paga em Recife, em média, R\$2,50, de acordo com depoimento de catadores.

Assim, este trabalho tem como objetivo explorar um método alternativo de filtração de água na aquicultura (mas que pode ser estendido para outras culturas zootécnicas), suas aplicações e impactos. Serão discutidos os princípios de funcionamento da proposta de um filtro alternativo, sustentável e de baixo custo, como filtro mecânico e biológicos, e a sua respectiva eficácia na

remoção/diminuição de nutrientes (amônia total e nitrito), além da manutenção de um pH neutro. Além disso, o estudo abordará as vantagens e possíveis limitações do, fornecendo uma visão sobre como a filtração de água pode ser otimizada para promover a saúde dos organismos aquáticos e a sustentabilidade dos sistemas de cultivo.

2. OBJETIVOS

Ao compreender as nuances e desafios associados à filtração de água na aquicultura, este trabalho visa contribuir para a melhoria das práticas de cultivo e para o avanço da aquicultura sustentável, destacando a importância da qualidade da água como fator-chave para o sucesso desta prática.

Esse modelo fornece uma visão do tema e estabelece a relevância da filtração de água na aquicultura, preparando o leitor para uma discussão mais detalhada sobre o método aqui proposto, assim este trabalho tem como objetivos:

2.1 Objetivo Geral

- Desenvolvimento e teste de filtro alternativo (primeiro protótipo), de baixo custo, que recicle tampas de garrafas PET, utilizando-as como mídias filtrantes, reduzindo custos e promovendo a sustentabilidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Dimensionar um sistema de filtro usando garrafas e tampas de plástico PET.
- Analisar amostras de água para acompanhar possíveis variações ao longo do experimento.
- Determinar a eficiência do sistema em relação a redução de amônia tóxica e nitritos (sem a presença de peixes ou crustáceos).
- Verificar a manutenção de um pH neutro no sistema.
- Determinar em uma escala de tempo, a taxa de redução de amônia e nitrito.

3. BREVE REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Remoção de Amônia Total e Nitrito em Aquicultura, e Manutenção de pH Neutro

A amônia é um composto tóxico produzido naturalmente na aquicultura através do metabolismo dos organismos aquáticos (excreção) e da posterior decomposição de matéria orgânica, como alimentos não consumidos e excrementos. A presença de amônia total (que inclui amônia não ionizada e amônia total) pode ser extremamente prejudicial para a saúde dos peixes e outros organismos, causando estresse, problemas respiratórios e até mortalidade (TOMASSO, 1994).

Para controlar e remover a amônia, os sistemas de filtragem biológica são essenciais. Esses filtros utilizam bactérias nitrificantes que convertem a amônia em nitrito e, subsequentemente, em nitrato, através do processo de nitrificação. A eficácia desses filtros depende de uma adequada circulação de água e de condições ótimas para o crescimento das bactérias benéficas. Além disso, a manutenção regular do sistema de filtragem e a remoção de resíduos orgânicos ajudam a manter os níveis de amônia sob controle (TOMASSO, 1994).

Embora o nitrato seja menos tóxico do que a amônia e o nitrito, sua acumulação em níveis elevados ainda pode afetar negativamente a saúde dos organismos aquáticos e o equilíbrio do ecossistema do tanque (ALMEIDA, 2021; GONÇALVES e RIBEIRO, 2023). Altos níveis de nitrato e nitrito podem contribuir para o crescimento excessivo de algas e podem prejudicar o sistema imunológico dos peixes, tornando-os mais suscetíveis a doenças (BENLI, 2005; COSTA e LIMA, 2022).

Para a remoção de nitrito, a utilização de filtros especializados, como filtros denitrificantes, pode ser eficaz. Esses filtros promovem a redução de nitrito através de processos biológicos que envolvem a conversão de nitrito em nitrogênio gasoso, que é então liberado para a atmosfera. Além disso, práticas como a troca regular de água e o uso de plantas aquáticas para absorver nitrito também ajudam a manter os níveis controlados (MARTINEZ, 2006).

O pH da água é um indicador crítico da acidez ou alcalinidade do ambiente aquático e deve ser mantido dentro de uma faixa ideal para a saúde dos organismos cultivados. Em muitos casos, o pH neutro (próximo de 7,0) é ideal, pois a maioria dos peixes e organismos aquáticos se desenvolvem melhor em um ambiente que não é nem ácido nem básico (IP e CHEW, 2010).

Oscilações significativas no pH podem ocorrer devido a vários fatores, incluindo a decomposição de matéria orgânica e a presença de certos compostos químicos. Para manter o pH estável, é importante monitorar regularmente e utilizar aditivos ou produtos específicos, conforme necessário, para corrigir desvios. A adição de substâncias tamponantes pode ajudar a estabilizar o pH, evitando variações que possam causar estresse nos organismos, mas com isso pode haver aumento de custos de produção e maior tempo destinado a este manejo (RANDALL e TSUI, 2022).

De acordo com PAUL (2019), a amônia total, o nitrito e o pH são fatores cruciais que afetam a saúde e o metabolismo dos peixes em um aquário, tanque de cultivo ou ambiente aquático. A amônia é um composto tóxico produzido pela decomposição de matéria orgânica, como alimentos não consumidos e excrementos de peixes. Ela pode estar presente na forma de amônia livre (NH_3) e amônio (NH_4^+).

Níveis elevados de amônia podem causar estresse significativo nos peixes, levando a problemas como irritação nas brânquias, dificuldades respiratórias, e até envenenamento. A amônia livre (NH_3) é particularmente tóxica, enquanto o amônio (NH_4^+) é menos prejudicial, mas ainda pode afetar a saúde dos peixes se em concentrações altas (LEFEVRE, 2017).

Manter um sistema de filtragem eficiente e realizar trocas regulares de água pode ajudar a controlar os níveis de amônia. O ciclo do nitrogênio, que transforma a amônia em nitrito e depois em nitrato, é fundamental para a manutenção de níveis seguros de amônia.

O nitrato é um produto final do ciclo do nitrogênio. Ele é menos tóxico do que a amônia e o nitrito, mas ainda pode ter efeitos negativos em concentrações muito altas. Altos níveis de nitrato podem causar estresse nos peixes, prejudicar seu crescimento e reprodução, e contribuir para o crescimento excessivo de algas, o que pode degradar a qualidade da água. Em níveis muito altos, pode haver problemas com a saúde geral dos peixes, como dificuldades respiratórias e redução da resistência a doenças. A manutenção de níveis adequados de nitrato pode ser feita através de trocas regulares de água, a utilização de plantas aquáticas que absorvem nitratos, e o controle da alimentação para evitar excessos que se transformam em resíduos (KUBITZA, 2019).

O pH mede a acidez ou alcalinidade da água. Ele é uma escala que vai de 0 a 14, onde 7 é neutro, valores abaixo de 7 são ácidos e valores acima de 7 são alcalinos. O pH afeta a solubilidade de muitos compostos na água, incluindo amônia. Mudanças bruscas ou extremas no pH podem causar estresse nos peixes, prejudicar suas funções fisiológicas, e comprometer o equilíbrio do metabolismo. Diferentes espécies de peixes têm preferências específicas de pH, e um pH fora da faixa ideal pode causar problemas de saúde (KELLOCK, 2018).

Monitorar e ajustar o pH regularmente é importante. Mudanças no pH devem ser feitas lentamente para evitar estresse nos peixes. A adição de produtos para ajuste de pH, como ácido ou bases, deve ser feita com cautela. Manter esses parâmetros dentro das faixas ideais é crucial para a saúde e o bem-estar dos peixes. Monitorar e ajustar os níveis regularmente ajuda a garantir um ambiente aquático estável e saudável.

3.2 Importância dos Filtros na Aquicultura

A aquicultura, que se refere ao cultivo de organismos aquáticos em ambientes controlados, tem se consolidado como uma alternativa vital para a produção de alimentos e para a preservação das espécies marinhas. No entanto, o sucesso e a sustentabilidade dos sistemas de aquicultura dependem crucialmente da manutenção da qualidade da água. Nesse contexto, os filtros desempenham um papel fundamental. Eles são essenciais para garantir a saúde dos organismos aquáticos, a eficiência dos sistemas de cultivo e a sustentabilidade ambiental (GENTELINI, 2007).

Os filtros são responsáveis pela remoção de uma ampla gama de contaminantes da água, incluindo partículas em suspensão, matéria orgânica, detritos e microrganismos patogênicos. No ambiente aquático controlado dos sistemas de aquicultura, esses contaminantes podem comprometer a saúde dos organismos cultivados e afetar negativamente o desempenho do sistema como um todo. A presença de partículas sólidas, por exemplo, pode causar danos físicos aos peixes e invertebrados, enquanto a matéria orgânica em decomposição pode levar à acumulação de compostos tóxicos, como amônia total e nitritos (HUSSAR, 2005).

3.3 Tipos de Filtros e Suas Funções

Existem vários tipos de filtros utilizados na aquicultura (SIPAÚBA-TAVARES, 2003), cada um com uma função específica:

- Filtros Mecânicos: São projetados para remover partículas sólidas da água, como resíduos de ração e fezes dos organismos. Eles funcionam através de processos de sedimentação ou filtração física, usando mídias filtrantes como esponjas, redes ou cartuchos.
- Filtros Biológicos: Esses filtros utilizam microrganismos benéficos para decompor compostos orgânicos, como amônia e nitritos, convertendo-os em nitratos menos prejudiciais. O processo é conhecido como nitrificação e é crucial para manter níveis seguros de substâncias tóxicas na água.

- Filtros Químicos: Utilizam mídias específicas para remover compostos químicos indesejáveis da água, como cloro, metais pesados e resíduos de produtos químicos. Esses filtros ajudam a neutralizar poluentes que não são removidos pelos filtros mecânicos e biológicos.

3.4 Benefícios para a Saúde dos Organismos

A utilização adequada de filtros contribui diretamente para a saúde e o bem-estar dos organismos aquáticos. A água limpa e bem filtrada reduz o estresse e a ocorrência de doenças nos peixes e outros cultivos, promovendo um crescimento mais saudável e eficiente. Além disso, ambientes aquáticos com boa qualidade de água ajudam a prevenir a proliferação de algas nocivas e patógenos, o que é essencial para a sustentabilidade a longo prazo da aquicultura (KUBITZA, 2006).

3.5 Impacto Ambiental e Sustentabilidade

Os filtros também desempenham um papel crucial na sustentabilidade ambiental da aquicultura. Ao remover eficientemente contaminantes e reduzir o impacto dos efluentes no meio ambiente, os filtros ajudam a minimizar a poluição dos corpos d'água naturais adjacentes aos sistemas de cultivo. Isso é particularmente importante em operações de larga escala, onde a gestão eficiente da água e a minimização de resíduos são fundamentais para reduzir o impacto ambiental (BRASIL, 2005).

3.6 Tampas de garrafas PETs

Nos últimos anos, a produção e o consumo de garrafas PET (polietileno tereftalato) têm aumentado consideravelmente devido à sua versatilidade, baixo custo e propriedades de conservação. Um componente comum desses recipientes, frequentemente negligenciado em discussões ambientais, é a tampa, feita do mesmo material ou de variações do PET, como o polipropileno (PP). As tampas de garrafas PET desempenham um papel crucial na proteção do conteúdo das garrafas, mas também têm implicações significativas para o meio ambiente (SANTOS, 2020; MACEDO, 2022).

A produção global de tampas de garrafas PET é significativa, refletindo a vasta escala da indústria de bebidas e alimentos. Em 2021, estima-se que mais de 500 bilhões de garrafas PET

foram produzidas mundialmente, e considerando que cada garrafa possui uma tampa, isso implica que aproximadamente o mesmo número de tampas foi fabricado. As tampas representam uma pequena, mas substancial, fração do plástico produzido anualmente. A produção dessas tampas é impulsionada pela demanda contínua por embalagens descartáveis e pela crescente popularidade de bebidas e produtos em garrafas PET (MUNCKE, 2021).

A acumulação das tampas de garrafas PET no meio ambiente é uma questão ambiental crítica. As tampas, compostas principalmente de plásticos como o PET ou PP, têm uma resistência notável à degradação natural. Uma vez descartadas, as tampas de garrafas podem levar centenas de anos para se decompor completamente. Estudos estimam que as tampas de PET e PP podem levar entre 100 e 500 anos para se degradar, dependendo das condições ambientais e da presença de luz solar. Durante esse processo de acumulação, as tampas não se desintegram totalmente, mas se fragmentam e podem persistir no ambiente e ser ingeridos por organismos marinhos e terrestres (SILVA e OLIVEIRA, 2022; JUNIOR e FERREIRA, 2023).

Além disso, a durabilidade dos plásticos contribui para a acumulação de resíduos sólidos em ecossistemas, impactando a fauna e flora e contribuindo para problemas de poluição. As tampas de garrafas PET que são frequentemente encontradas em rio, áreas costeiras e ambientes marinhos ilustram a persistência desses resíduos e seu potencial impacto ambiental (SANTOS, 2019).

A quantidade de tampas de garrafas PET produzidas anualmente é vasta, refletindo o crescimento contínuo da demanda por bebidas e produtos em embalagens plásticas. No entanto, a persistência dessas tampas no meio ambiente é uma preocupação significativa (ABNT, 2021). A degradação lenta e a fragmentação em microplásticos ressaltam a necessidade urgente de estratégias de gerenciamento de resíduos e soluções sustentáveis para reduzir o impacto ambiental dos plásticos. Medidas como a promoção de reciclagem, o desenvolvimento de alternativas biodegradáveis e a conscientização pública são essenciais para mitigar os efeitos adversos das tampas de garrafas PET e proteger o meio ambiente para as gerações futuras (OLIVEIRA, 2021).

3.7 Custos de filtros para produção de organismos aquáticos

Na aquicultura, que envolve o cultivo em larga escala de peixes, crustáceos e outros organismos aquáticos, os sistemas de filtragem são frequentemente mais robustos e complexos devido ao volume de água e à densidade de organismos (CARVALHO, 2021). A seguir, é exposta uma estimativa feita a partir de buscas em sites e plataformas de vendas, sobre custos de filtros.

- Filtros Mecânicos: Utilizados para remover detritos e partículas em suspensão, esses filtros podem variar desde sistemas simples de cesto e espumas até unidades mais avançadas com tecnologia de sedimentação e separação centrífuga. Os preços para filtros mecânicos na aquicultura podem variar de R\$ 1000 a R\$ 10000, dependendo da capacidade e da tecnologia envolvida.

- Filtros Biológicos: Essenciais para o tratamento de compostos nitrogenados, esses filtros utilizam mídias biológicas e microrganismos. Os custos para filtros biológicos podem variar de R\$ 2000 a R\$ 15000, dependendo do tamanho e da complexidade do sistema, especialmente em operações de grande escala.

- Filtros Químicos: Embora menos comuns, os filtros químicos também são usados para remover contaminantes específicos. Seus preços podem variar amplamente, com sistemas que custam entre R\$ 1500 e R\$ 8000.

Devido ao escopo e às necessidades específicas da aquicultura, os filtros tendem a ser mais caros, refletindo a necessidade de maior capacidade e durabilidade (SILVA e MELO, 2022).

No aquarismo, que geralmente lida com aquários domésticos ou de pequeno porte, os filtros são projetados para atender a necessidades menores e mais específicas. Os principais tipos incluem:

- Filtros Internos: Comumente usados em aquários menores, esses filtros são compactos e geralmente custam entre R\$ 100 e R\$ 500. Eles são eficazes para filtração mecânica e biológica em pequenos volumes de água.

- Filtros Externos: Para aquários maiores ou para aqueles que necessitam de filtragem mais intensa, os filtros externos são mais apropriados. Eles costumam ter preços que variam de R\$ 300 a R\$ 2.500, dependendo da capacidade e das características adicionais, como múltiplas câmaras de filtragem e sistemas de mídia.

- Filtros Canister: Utilizados em aquários de médio a grande porte, esses filtros oferecem uma filtragem eficiente e podem custar entre R\$ 600 e R\$ 3500. Eles são conhecidos por sua capacidade de fornecer filtragem mecânica, biológica e química de forma eficaz.

Os filtros para aquarismo tendem a ser menos caros em comparação com os filtros de aquicultura, refletindo a escala menor e as necessidades menos exigentes em termos de volume e carga orgânica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado entre junho e agosto de 2024, em um ambiente com temperatura variando entre 26 e 28 graus Celsius, e a água utilizada no experimento foi colhida na Estação de Aquicultura Continental Johei Koike da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE, campus Recife), localizada no bairro de Dois Irmãos, Recife- PE.

Em 2 de junho de 2024, foram coletadas três amostras de água em um viveiro ativo desta estação de piscicultura (viveiro 3), mostrado na Figura 01. Este viveiro recebe água proveniente dos viveiros 1 e 2, por meio de derivação, ou seja, o canal de abastecimento desta estação enche o viveiro 1, cuja fauna é composta por tilápias e tambaquis, e o excesso de água deste viveiro é transposto por via de duto para o viveiro 2. Neste segundo viveiro são cultivadas também tilápias e tambaquis. O terceiro viveiro então recebe toda a carga excedente dos viveiros 1 e 2, e ali a floração de microalgas é maior e mais expressiva, devido a toda carga de matéria orgânica acumulada. Este viveiro abriga peixes de grande porte, pirarucus (*Arapaima gigas*) com comprimento médio de 1,5 metros, além de tilápias. A variação da qualidade e água entre os três viveiros, e canal de abastecimento, pode ser visualizada na Figura 02.



Figura 01: Estação de Piscicultura Johei Koike (UFRPE), e a configuração dos seus 10 principais viveiros. Fonte: Google Earth, 2023.

Este processo de derivação empobrece a qualidade de água por eutrofização, no qual a material orgânica produzida em um viveiro acaba contribuindo para o aumento e acúmulo no viveiro seguinte. A eutrofização ocorre quando um corpo de água recebe uma grande quantidade de efluentes com matéria orgânica enriquecida com minerais e nutrientes que induzem o crescimento excessivo de algas (visível na Figura 01, na superfície do viveiro 03) e plantas aquáticas.



Figura 02: efeito do sistema de derivação na qualidade água entre canal de abastecimento e os viveiros 1, 2 e 3 (Foto: Fernando Porto, 2022).

Foi realizada medições da transparência da água com o disco de Secchi, que consiste em um disco metálico de 30cm de diâmetro com dois quadrantes alternados pintados de preto e suspenso por um cabo graduado. As leituras foram realizadas incluindo o disco lentamente na água, até o ponto em que ele desaparece do campo de visão, anotando a leitura do cabo. Em seguida, descia o disco mais alguns centímetros a mais na água, subindo, então, lentamente, até que reaparecesse, realizando novamente a anotação do cabo. A leitura pode dar uma estimativa da quantidade de algas e material em suspensão na água.

Foram tomadas três amostras de 25 litros de água cada, no viveiro 3, e transportadas para o local de experimento. Em seguida foi feita a avaliação de amônia total, nitrito e pH destas amostras, sendo estes os valores iniciais do experimento. Na data da coleta da água, a transparência da água no viveiro 3 foi medida, e o baixo valor (15cm), reflete a eutrofização com muita turbidez. A Figura 03 mostra o aspecto de sub-álíquotas de água de cada amostra coletada no viveiro 3.



Figura 03: Aspecto da turbidez da água coletada no viveiro 3 (Foto: Fernando Porto, 2024).

Os tanques onde a água foi usada neste experimento são de material plástico, não translúcido, com volume de 30 litros, reutilizados da indústria de alimentos (reaproveitados). Os tanques foram lavados (interior e exterior), com detergente neutro, e depois o interior foi higienizado com água destilada, para remover qualquer possível resíduo restante.

Em seguida, três garrações de água mineral (PET), com volumes de 10 litros, perfurados lateralmente com ferro de solda, foram preenchidos com tampas de garrafas PETs, e com algumas pedras (brita) no fundo para criar peso, evitando uma possível flutuação excessiva (Figura 04). Cada garrafão foi introduzido dentro de um dos tanques de 30 litros, representando cada um, uma unidade de filtração (réplica) neste experimento. Cerca de 180 tampas foram necessárias para preencher cada garrafão de água mineral.



Figura 04: Aspecto do filtro experimental, com mostrando as perfurações laterais, a mangueira de aeração por baixo, e as tampas dentro do filtro (Foto: Fernando Porto, 2024).

Aeradores de aquário foram usados como bombas de movimentação de água, onde a pedra porosa de suas mangueiras foi introduzida dentro de cada garrafão PET, no fundo de cada um. Quando acionadas, as bombas produziam bolhas, que dentro dos garrafões de água mineral criavam um movimento vertical de água e bolhas até a superfície. Este movimento ascendente provoca um fluxo constante, que faz com que a água adjacente, fora dos garrafões, flua para dentro deste, e em seguida corra para cima, sendo oxigenada pelas bolhas, à medida que passa pelas tampas de garrafas PETs, que assim agem como filtro mecânico, coletando partículas sólidas. A Figura 05 mostra o posicionamento final dos tanques e garrafões, na condição experimental, e os aeradores de aquário com mangueiras inseridas no sistema.



Figura 05: Aspecto do modelo experimental, com três tanques não translúcidos (azuis), e três garrações PET inseridos dentro de cada um (Foto: Fernando Porto, 2024).

É importante ressaltar que o sistema de aeração por bombas de aquário foi padronizado, sendo composto por três bombas iguais, de dupla potência, onde cada tanque recebeu a mesma vazão de ar por mangueira com pedra porosa acoplada (Figura 06). Os aeradores permaneceram ligados durante toda a duração do experimento.

A duração do experimento foi de seis semanas, entre junho e julho de 2024. Durante o período experimental não houve renovação ou adição de água.

A temperatura de cada tanque neste experimento foi tomada com o uso de um termômetro de mercúrio, diariamente. As análises de parâmetros (amônia total, nitrito e pH) foram realizadas duas vezes por semana.



Figura 06: Aspecto do modelo experimental, em relação ao sistema de aeração, com aeradores iguais, de mesma potência.

Para medições dos teores de amônia, nitrito e pH, kits de medição para aquário da marca *Labcon* foram utilizados (Figura 07). A escolha da marca se deu em função do preço, facilidade de compra (disponível no mercado local) e praticidade do método (leves, ocupam pouco espaço, e demandam pouco tempo de análise).

Tais kits são compostos por reagentes químicos, que uma vez adicionados a uma pequena alíquota de água de cada tanque, mudam a coloração da água, e por diferença de tons, quando comparados a uma folha de paleta de cores, fornece os valores para tais parâmetros na amostra. Este método é mais simples, rápido e mais barato do que o método tradicional químico, de laboratório, onde amostras de água (com cerca de um litro de amostra) precisam serem tomadas no ambiente, rapidamente congeladas, transportadas para laboratório, descongeladas, e com o emprego de vários reagentes os três parâmetros aqui analisados são determinados.



Figura 07: Aspectos dos kits de análises para Nitrito, pH e amônia tóxica.

Como este é um experimento que visa desenvolver uma metodologia que possa se tornar rotina, é recomendável plastificar (laminação) as cartelas que acompanham os kits (as paletas de cores para determinar os teores dos parâmetros analisados), como mostrado na Figura 08. Como estamos lidando com água, além do fato de que os kits são descartáveis, e o tipo papel dessas cartelas não é muito espesso, a sugestão de laminação serve para preservar as cores e detalhes contidos nas cartelas. No verso de cada cartela está contido informações sobre o uso correto dos reagentes, e a tomada correta de amostras de água. Após a análise, cada amostra deve ser descartada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados colhidos ao longo do período experimental apontam para o sucesso do processo de filtração, onde ocorreu o decaimento da amônia tóxica e o nitrito, além da estabilização do pH em 7 (neutro).

Apesar de terem sido estabelecidos três filtros, os teores apurados para os parâmetros analisados nos dias de amostragens foram os mesmos, ao longo dos filtros. Isto se deve, principalmente, pela padronização do método e da sensibilidade dos kits de medição, que apresenta pouca variação em termos de colorimetria de resultados.

No dia 2 de junho de 2024, início do experimento, os valores de amônia estavam muito altos, de acordo com a classificação prevista pelo método de avaliação pelos kits. O valor inicial, medido, foi de 0,073, em um pH de 7,2. Paralelamente o nitrito estava também com teores altos, em 1 ppm (valor perigoso para peixes). A Tabela 01 mostra a evolução do sistema de filtração em função dos parâmetros avaliados.

Tabela 01: Resultados obtidos no sistema de filtração com tampas de garrafas PETs.

Semana	Data	Amônia	pH	Nitrito	Temperatura
dia de coleta/inicial	02/06/2024	0,073	7,2	1 (P)	28
semana 1	05/06/2024	0,092	7,4	1 (P)	26
	08/06/2024	0,112	7,4	1 (P)	28
semana 2	11/06/2024	0,060	7,4	0,5 (C)	27
	15/06/2024	0,060	7,4	0,5 (C)	27
semana 3	19/06/2024	0,025	7	0,25 (A)	28
	22/06/2024	0,020	7	0,25 (A)	28
semana 4	26/06/2024	0,020	7	0,25 (A)	28
	29/06/2024	0,014	7	0,25 (A)	28
semana 5	03/07/2024	0,007	7	0,0 (I)	28
	06/07/2024	0,003	7	0,0 (I)	28
semana 6	10/07/2024	0,002	7	0,0 (I)	28
	13/07/2027	0,002	7	0,0 (I)	28

Legenda: valores em vermelho (faixa de perigo); valores em amarelo (faixa de alerta); valores em verde (faixa ideal); (P) perigoso; (C) Crítico; (A) aceitável; (I) ideal; Temperaturas em Graus Celsius;

Ainda em relação ao valor inicial, foi notada a alta transparência no viveiro onde a água do experimento foi coletada. Ali, peixes de grande porte são cultivados e podemos afirmar que as condições são limítrofes, beirando a mortalidade de peixes. De acordo com CAVERO et al., (2004) e SILVA e DUNCAN (2016), pirarucus (*Arapaima gigas*) de hábito alimentar carnívoro, é considerado um peixe rústico (IMBIRIBA, 2001) por sua respiração aérea, fato que lhe permite tolerar águas com baixos teores de oxigênio dissolvido, no entanto, sua tolerância a ambientes aquáticos com altas concentrações de amônia não é conhecida. Tratando do cultivo de pirarucu em condições controladas, SCORVO-FILHO et al. 2004) afirmam que esse peixe apresenta grande capacidade de adaptação a ambientes em que a qualidade de água pode ser considerada letal para outras espécies de peixes. Isto explica a sobrevivência dos exemplares desses peixes no viveiro 3, fonte da água deste estudo. A Figura 09 mostra aspectos da água do viveiro 3, no momento em que foi realizada a coleta de água para este experimento, mostrando a pouca transparência da água em função da presença dos peixes na superfície.



Figura 09: Setas apontam presença de pirarucus na superfície do viveiro 3 (Estação Johei Koike, UFRPE), e a coloração e turbidez no momento da coleta de água (Fotos: Fernando Porto, 2024).

Ainda de acordo com a Tabela 01, os dados obtidos revelam que após a instalação do experimento, no dia 05/06/2024, os valores de amônia pioraram, e o pH teve um leve incremento de basicidade. Nitrito permaneceu inalterado. Os valores continuaram a crescer até o dia 08/06/2024, seis dias após a coleta e o início do experimento, com o pH ainda em 7,4 e nitrito em 1 ppm.

As concentrações de amônia se dão através da decomposição das fezes dos peixes, resto de rações e também pela urina (WHEATON et al., 1994). Os altos níveis de amônia geram nos peixes danos ao epitélio branquial, assim como também a dificuldade de realizar a troca gasosa (PIEDRAS, 2006). Para manter o equilíbrio dos níveis de amônia, é essencial que haja um biofiltro no sistema (HOCHHEIMER; WEATON, 1998).

Um biofiltro é formado de estruturas que possuem superfícies que possibilitam a implantação de fixação de bactérias heterotróficas (que necessitam de uma fonte de nitrogênio), que serão responsáveis pela oxidação da amônia. Sendo que duas dessas bactérias nitrificantes da família nitrosomonas e nitrobacter realizarão a conversão de amônia para nitrito, e de nitrito para nitrato (CHEN; LING; BLANCHETON, 2006; DAVIDSON, J.; SUMMERFELT, S. T, 2005). No caso do filtro aqui apresentado, as superfícies internas e externas das tampas de garrafas PETs são as superfícies de instalação das bactérias.

Pelo fato desse processo de nitrificação ser aeróbico, é indispensável que haja bom valor de oxigênio dissolvido, combustível respiratório das bactérias, para essa atividade não cessar (LOSORDO; WESTERS, 2021). Por isto este experimento manteve os aeradores ligados durante todo o processo de filtração.

Sólidos como fezes geradas pelos peixes, assim como resto de ração não consumida podem afetar diretamente na eficiência do sistema e conseqüentemente na saúde dos peixes (DAVIDSON; SUMMERFELT, 2020), pois o mesmo faz grande consumo de oxigênio, podendo prejudicar na ação das bactérias, na troca de oxigênio dos peixe e também influenciar na má circulação do sistema gerando entupimento ou dificuldade da passagem de água pelos componentes, reduzindo tempo de circulação do sistema (MALONE; BEECHER, 2019; VERDEGEM et al., 2020).

Sendo assim é necessário realizar separação e remoção desses sólidos, podendo ser de forma gravitacional e por filtração (KUBITZA, 2009^a e 2011), através da circulação da água para o acúmulo de dejetos no centro das tampas de garrafas PETs, para a separação dos dejetos mais pesados, como filtro mecânico para separação dos demais, fato corroborado no trabalho de CHEN et al. (1993) para sólidos em suspensão em sistemas de recirculação de água.

Após o experimento, notou-se uma redução significativa na turbidez, com aumento da transparência da água em todos os três tanques de experimento. A Figura 10 mostra a evolução entre os dias de início e término do experimento, através de sub amostras de água que estavam sendo filtradas neste trabalho, demonstrando a redução de material particulado.

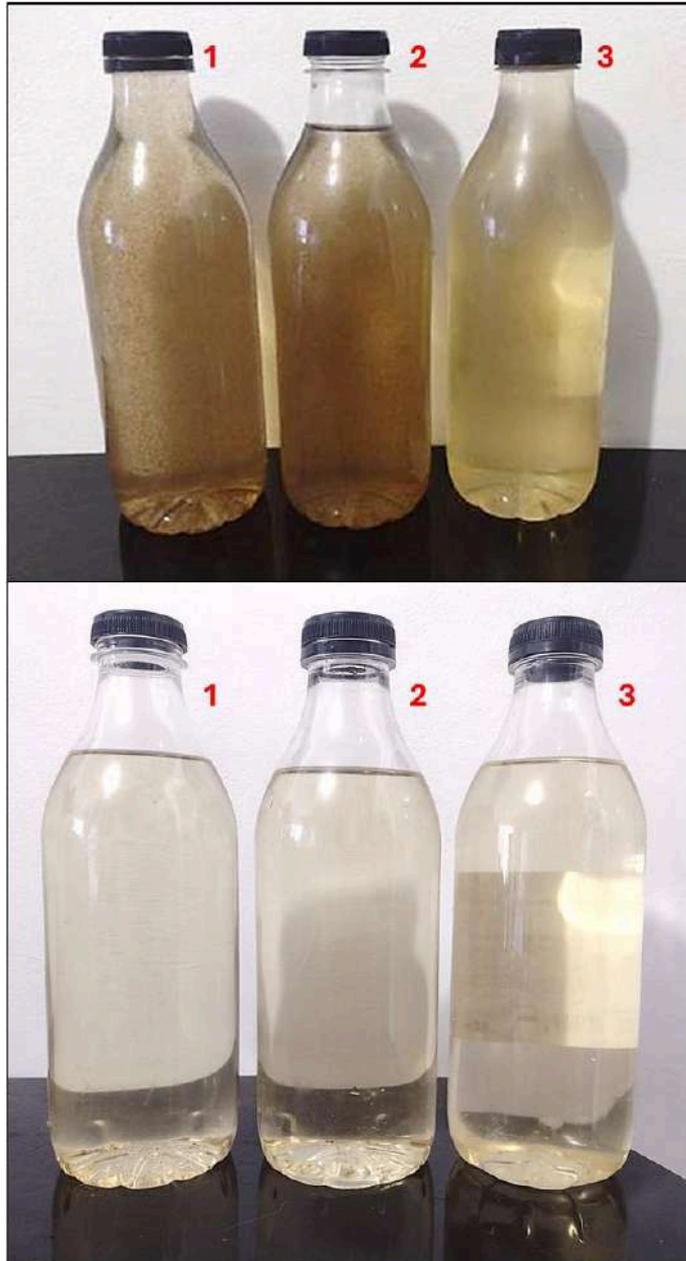


Figura 10: Diferenças entre a transparência da água entre o início e fim deste experimento, apenas com o resultado da filtração biológica e mecânica - fotos feitas sob mesma condição de luz(Fotos: Fernando Porto, 2024).

A Figura 11 mostra que houve aderência na parte interna dos garrafões PETs, por parte das bactérias, que utilizaram o interior dessas garrafas como substrato, e houve retenção de material particulado dentro das tampas de garrafas Pets.



Figura 11: Aderência de bactérias nas garrafas, após experimentação (Fotos: Fernando Porto, 2024).

Após o experimento, a mangueira de aeração foi desconectada, e os garrafões foram colocados em balde, e sacudidos lateralmente e verticalmente, para que o material particulado retido no interior do filtro se soltasse. Depois a água passou por filtros de café, e pode-se ter uma comprovação que efetivamente as tampas retiveram partículas sólidas em suspensão (Figura 12).

Com relação a retenção de material particulado, houve diferenças, pois o filtro 1 reteve menos matéria orgânica, e os outros dois estavam mais parecidos em eficiência para este fato. Isto pode ter ocorrido por conta de diferenças na conformação das tampas dentro do garrafão, pois muitas pareciam estar viradas para cima no garrafão 1, e isto pode não ter contribuído para a retenção do material particulado.

Para manter o sistema de aquacultura sempre com uma boa qualidade de água, é importante que os parâmetros estejam todos com os níveis na média, como por exemplo: temperatura de 26° a 30°, transparência 200 cm (para o sistema de recirculação), PH de 7 a 8, amônia até 0,5 mg, e nitrito até 0,5 mg, e oxigênio dissolvido a 4mg/l a 8 mg/l (KUBITZA, 2009B). Contudo recomenda-se que sejam utilizados testes fidedignos para sua aferição.



Figura 12: Aspecto do material particulado recolhido dos filtros após o experimento (Fotos: Fernando Porto, 2024).

Caso aconteça a desregulação desses parâmetros é importante que se tenha conhecimento para regular-los novamente, como por exemplo o uso de sal (cloreto) para reduzir os níveis de nitrito, assim como o uso de cal e calcário para correção nos níveis de gás carbônico, pH e alcalinidade. Assim como também a realização do TPA (troca parcial de água), de acordo com a necessidade, e principalmente no início da instalação do sistema até que ocorra a maturação do ambiente aquático (KUBITZA, 2024).

Em nosso experimento não houve troca parcial de água ou acréscimo de algum tipo de agente tamponador, ou sifonamento. A melhoria dos parâmetros se deu por eficiência de filtração,

como demonstrado na Tabela 01. O pH foi estabilizado em 7 (neutro), e amônia e nitrito foram reduzidos e estabilizados a partir da segunda semana, atingindo teores aceitáveis na terceira semana (metade do tempo do experimento).

Na metade da quarta semana, os teores de pH, amônia total e nitrito se tornaram ideais para cultivo. Assim, podemos dizer que o sistema operou como esperado como um filtro biológico, como sendo uma coleção de bactérias.

As águas com baixos indicadores de pH são conhecidas como águas ácidas, enquanto àquelas que registram maiores indicadores de pH são conhecidas como águas básicas. O pH ideal para muitas espécies utilizadas na aquicultura deve se situar entre 6.0 a 8.5. Valores ácidos do pH podem resultar na diminuição do crescimento e da sobrevivência dos organismos cultivados, bem como podem aumentar consideravelmente as manifestações de enfermidades em peixes e crustáceos (PARRA e BALDISSEROTTO, 2007; IP e CHEW, 2010).

O pH pode ter variações diárias em condições de cultivo, e pode ser afetado pela temperatura (BOYD et al., 2016). Neste experimento o pH foi avaliado uma vez, nos dias de medição, não havendo significativas variações de temperatura ao longo do dia, nas condições de filtração, uma vez que os três tanques estiveram em sombra durante todo o período de experimentação.

O nitrito (NO₂-) é um composto intermediário no processo de nitrificação, em que a amônia é oxidada por bactérias formando nitrito e, posteriormente, nitrato (NO₃-). Quando absorvido pelos peixes, o nitrito causa a oxidação da molécula de hemoglobina do sangue, que se transforma em metahemoglobina. Esta, por sua vez, é incapaz de transportar o oxigênio da forma como a hemoglobina o faz, e por isso o excesso de nitrito na água gera sérios problemas fisiológicos e respiratórios. O valor máximo de nitrito tolerado pela maioria das espécies de peixes é de 0,50 mg/L e valores superiores a este geralmente causam a morte dos peixes (COSTA e LIMA, 2022).

Neste experimento, o nitrito foi reduzido à medida em que as bactérias se estabilizaram no filtro, chegando a zero (sem detecção ou irrelevante, devido a sensibilidade do método de mensuração dos kits portáteis).

De forma resumida, a Figura 13 mostra a evolução em gráfico de como pH variou em função dos outros dois parâmetros, semana a semana. Note que houve um aumento de pH e nitrito após o início do experimento. Isto pode ter ocorrido em face ao fato de que as tampas, garrações e tanques de experimentos estarem totalmente limpos, sem colonização prévia de bactérias, e diante

da degradação da matéria orgânica acumulada na água a ser filtrada, esses fatores continuaram amplificando seus potenciais danosos. Após a segunda semana, os parâmetros apresentaram real tendência de estabilização, uma vez que a flora bacteriana no filtro se instalou.

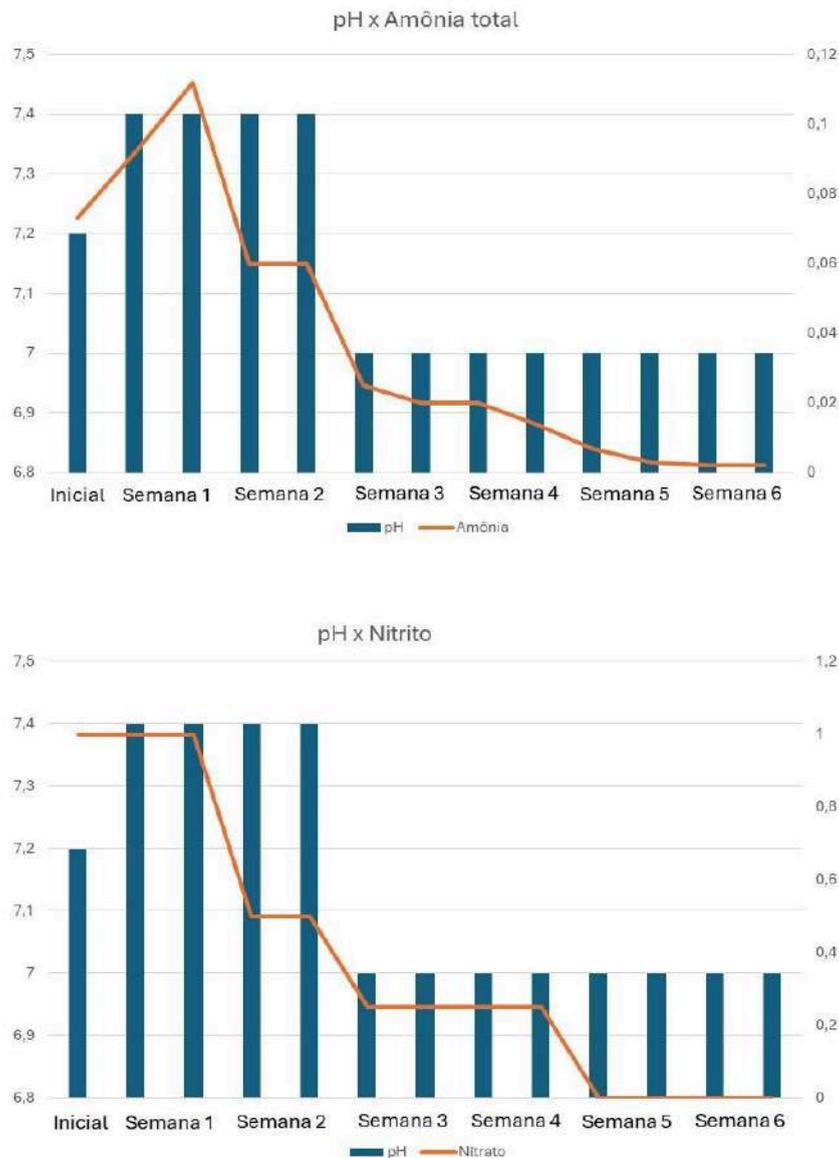


Figura 13: Gráficos de variação entre o pH e os demais parâmetros.

Por fim, com relação a custos, os kits para amônia total e nitrito aqui empregados custaram em média R\$ 65 reais cada, enquanto o de pH custou R\$ 35 reais, e dois kits de cada foram usados ao longo das 6 semanas de experimento. Para o método químico (GOLTERMAN, 1978), baseado em colorimetria (em espectrofotômetro), além do custo de deslocamento e congelamento de amostras, uma amostra de amônia total é estimada em cerca de R\$ 120 reais; de nitrito em R\$ 60 reais; e pH em R\$ 40 reais (valores colhidos no Laboratório de Oceanografia Química do

Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, para junho de 2024). A precisão do método por kits é muito boa, quando comparada com os resultados do método químico, para volumes de até 500 litros, sendo estes métodos por kits, práticos, leves e versáteis.

A limitação do método de análise de água por kits como estes se deve ao fato que para volumes superiores a 500 litros, deve-se fazer várias amostras, e calcular uma média.

É importante citar que outros parâmetros de qualidade de água, como oxigênio, não foram tomados devido ao fato de que este trabalho visa determinar velocidade de filtração em escala de tempo, sem peixes no sistema. Este experimento destaca-se por propor o primeiro modelo de filtro usando tampas de garrafas PETs como mídia filtrante (protótipo).

Com relação a custos, o valor total empregado no experimento pode ser visto abaixo:

- 3 tanques plásticos não translúcidos de 30 litros = R\$ 60,00 (R\$ 20,00 cada);
- 3 garraões PET de água mineral de 10 litros = R\$ 3,00 (R\$ 1,00 cada (de catador));
- 2 quilos de tampas de garrafas PETs = R\$ 5,00 (pode ser sem custos se for doação);
- 3 aeradores duplos de aquário = R\$ 150 (R\$ 50,00 cada);
- Mangueiras de aquário e pedras porosas = R\$ 40,00;
- 2 kits de medição para cada parâmetro = R\$ 300,00;

VALOR TOTAL PARA O SISTEMA, COM ANÁLISES DE ÁGUA = R\$ 608,00.

Se fosse empregado para análises, pelo método químico em laboratório (apenas estimativa de análises de água) o custo seria de aproximadamente de R\$ 2500,00 (referencial monetário para 6 de setembro de 2024, um Dólar americano a R\$ 5,53 – câmbio oficial pelo Banco Central).

6 CONCLUSÕES

De acordo com o exposto neste trabalho, podemos concluir que parâmetros de qualidade de água aqui analisados tiveram significativa redução de seus teores, sendo o pH mantido em um nível neutro.

O sistema de derivação, onde a mesma água passa do viveiro 1 para o 2 na estação Johei Koike (UFRPE), e em seguida para o viveiro 3, cria uma cadeia de estagnação da água, diminuindo a sua qualidade e sua transparência na situação de campo, e a água amostrada inicialmente estava bastante comprometida em face aos itens aqui analisados.

O sistema de circulação de bolhas produzido pelos aeradores pode ser amplificado, criando maior movimentação dentro do filtro. Esta pode ser uma melhoria para um segundo protótipo, podendo aumentar a velocidade de filtração (principalmente mecânica), e inserindo mais oxigênio dissolvido no sistema.

Amônia e nitrito sofreram redução de seus teores, bem como a turbidez, com significativa melhoria da turbidez da água.

Bactérias, se instalaram dentro do filtro, e formaram um filme dentro das mídias filtrantes (tampas de garrafas PETs e interior dos garrafões plásticos). Isto significa que o material plástico pode ser uma superfície útil para o conceito de filtros biológicos.

O filtro 1 reteu menos material particulado, mas em inspeção visual, a maioria das tampas de garrafas PETs pareciam estar viradas para cima, em um sentido contrário do fluxo de aeração/circulação de água.

O sistema pode ser usado como filtro de água para sistemas de aquacultura, tanto como filtro de efluentes, como filtros de sistemas de cultivo, desde o aquarismo.

As mídias plásticas (tampas) servem como material filtrante, porém fica a ressalva que plástico produz microplásticos, e uma alternativa de longo prazo precisa ser imposta. Porém, recolher tampas plásticas para a finalidade aqui proposta as retiram dos ambientes naturais, reduzindo a poluição em ecossistemas diversos, e estimula o reuso.

O sistema de filtração apresentou-se eficiente, leve, simples e de baixo custo. Este sistema pode ser usado além da aquacultura. A zootecnia produz resíduos líquidos em inúmeras de suas

áreas de atuação, e a filtração de água pode representar também um fator de importância em situações de escassez hídrica, ou sob a necessidade de eliminar efluentes mais limpos.

O processo de medição de teores de pH, amônia total e nitrito é eficiente, prático e barato. Isto reduz ainda mais os custos e pode ser facilmente utilizado por qualquer pessoa em situação de manejo em aquicultura.

O material particulado retirado pelos filtros de café neste experimento pode servir de adubos orgânicos em agricultura, ou podem ser inseridos em sistemas de compostagem. Esta é mais uma vantagem ambiental do método.

Estudos futuros para continuidade do aperfeiçoamento deste sistema de emprego de tampas de garrafas PETs devem ser realizados na presença de peixes dentro do sistema, para comparação da eficácia de filtração ao longo do tempo, principalmente em sistemas de cultivo por recirculação.

A limitação do método de mensuramento dos parâmetros aqui analisados se dá ao fato de que o uso dos kits para volumes acima de 500 litros deve ser relevado e pensado em termos de precisão de resultados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE, 2011, PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <<http://a3p.jbrj.gov.br/pdf/ABRELPE%20Panorama%202001%20RSU-1.pdf> Acesso 20 de junho de 2024.

ALMEIDA, Jorge M. **Qualidade da Água em Aquicultura: Aspectos do Nitrito e Seus Efeitos**. 1. ed. São Paulo: Editora AquaTech, 2021.

ALVAREZ, E.J.A. **Dinâmica de algumas variáveis limnológicas em tanques de larvicultura de *Brycon orbignyanus* sob dois tipos de tratamentos alimentares**. Dissertação (mestrado). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” UNESP, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR15410 DE 09/2006 - **Tampas plásticas com rosca para acondicionamento de refrigerantes e água - Requisitos e métodos de ensaio**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Plásticos - Determinação das Propriedades das Tampas de Garrafas PET**. NBR 15500. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BENLI, A. Ç. K. The acute toxicity of ammonia on tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) larvae and fingerlings. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 29, p. 339-344, 2005.

BOYD, C. **Manejo do Solo e da Qualidade da Água em Viveiro para Aquicultura**. Tradução: Eduardo Ono. São Paulo. 2018.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S.; SOMRIDHIVE, J.B. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 47, p. 6-41, 2016.

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Water quality and pond soil analyses for aquaculture**. Auburn: Auburn University, 2012. 183p.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Manual de impacto ambiental orientações básicas sobre aspectos ambientais e atividades produtivas**. Brasília, DF, 2005.

CARVALHO, M. T. **Tecnologias de Filtração em Aquicultura: Aspectos Econômicos e Operacionais**. 1. ed. Curitiba: Editora AquaTech, 2021.

CAVERO, B. A. S.; PEREIRA-FILHO, M.; BORDINHON, A. M.; FONSECA, F. A. L.; ITUASSÚ, D. R.; ROUBACH, R.; ONO, E. A. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.39, n.5, p.513-516, 2004.

CHEN, S.; LING, J.; BLANCHETON, J. P. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. **Aquacultural Engineering**, [s. l.], v. 34, p. 179-197, 2006.

COSTA, J. B.; LIMA, M. C. Efeitos do nitrito na saúde de peixes em sistemas de recirculação aquícola. **Revista Brasileira de Aquicultura e Pesca**, v. 22, n. 1, p. 37-50, 2022.

DAVIDSON, J.; SUMMERFELT, S. T. Solids removal from a cold water recirculating system – comparison of a swirl separator and a radial-flow settler. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, n. 33, p. 47-61, 2020.

GENTELINI, A. L. **Tratamento de efluente de piscicultura orgânica utilizando macrófitas aquáticas *Eichhornia crassipes* (Mart. Solms) e *Egeria densa* (Planchon)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola. Maringá: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2007.

GOLTERMAN, H. L.; CLYMO, R. S.; OHNSTAD, M. A. M. **Methods for physical and chemical analysis of fresh water**. Oxford: Blackwell Scientific, 1978. 214 p.

GONÇALVES, P. H.; RIBEIRO, E. S. Impactos do Nitrito na Qualidade da Água e na Saúde dos Organismos Aquáticos. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA DE AQUICULTURA, 16., 2023, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Editora Científica, 2023. p. 112-119.

HOCHHEIMER, J. N.; WHEATON, F. Biological filters: trickling and RBC design. In: LIBEY, G. S.; TIMMONS, M. B. (Ed.). INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECIRCULATING AQUACULTURE, 2, 1998, Roanoke. **Proceedings** [...] Roanoke: Virginia Polytechnic Institute and State University, 1998. p. 291-318.

HUSSAR, G. J.; PARADELA, A. L.; JONAS, T. C.; RODRIGUES, J. P. Tratamento de água e de tanque de piscicultura através de leitos cultivados de vazão subsuperficial: análise da qualidade física e química. **Eng. Ambient.**, v. 2, n. 1, p. 046-059, jan/dez. 2005.

IMBIRIBA, E.P. Potencial da criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica**, v.31, p.299-316, 2001.

IP, Y.; CHEW, S. F. Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: a review. **Frontiers In Physiology**, v. 1, p. 1-20, 2010.

JUNIOR, C. R.; FERREIRA, A. P. Propriedades mecânicas de tampas de garrafas PET recicladas. **Journal of Plastic Science**, v. 20, n. 4, p. 567-574, 2023.

KELLOCK, K. A.; MOORE, A. P.; BRINGOLF, R. B. (2018). Chronic nitrate exposure alters reproductive physiology in fathead minnows. **Environmental Pollution**, 232, 322–328.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.004>

KUBITZA, F. Tilápias: qualidade da água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade – parte 1. **Panorama da Aquicultura**, vol.10, n.59, p.44-53, mai./jun. 2000

KUBITZA, F. Sistemas de recirculação: sistemas fechados com tratamento e reuso da água. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v.16, n.95, 2006.

KUBITZA, F. Manejo na produção de peixes: boas práticas de despesca, manuseio e classificação dos peixes – parte 6. **Panorama da Aquicultura**, vol. 19, n.113, p.14-23, mai./jun. 2009(A).

KUBITZA, F. Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. **Panorama da Aquicultura**, vol.19, n.115, p.14-21, set./out. 2009(B).

KUBITZA, F. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. 2ª Edição. Jundiaí: F. Kubitza, 2011. 316 p.

KUBITZA, F. **Sistemas fechados com tratamento e reuso da água**. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em:
<https://panoramadaaquicultura.com.br/sistemas-de-recirculacao/> Acesso em: 28 agosto de. 2024.

KUBITZA, F. (2019). **O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões**. A água na aquicultura | Parte 3. 1–27.

LAZZARO, X. A review of planktivorous fishes: their evolution, feeding, behaviours, selectivities and impacts. **Hydrology**, 34: 25-36, 1987.

LEFEVRE, S., MCKENZIE, D. J., & NILSSON, G. E. (2017). Models projecting the fate of fish populations under climate change need to be based on valid physiological mechanisms. **Global Change Biology**, **23**(9), 3449–3459. <https://doi.org/10.1111/gcb.13652>

LOSORDO, T. M.; WESTERS, H. System carrying capacity and flow estimation. In: TIMMONS, M. B.; LOSORDO, T. M. (Ed.). **Aquaculture water reuse system: engineering design and management**. Amsterdam: Elsevier, 2021. 7a Ed. p. 9-60.

MACEDO, A. (2022). **Quem compra tampinhas plásticas e porque esse resíduo tem valor**.

Disponível em:

<https://aparasmacedo.com.br/quem-compra-tampinhas-plasticas-e-porque-esse-residuo-temvalor/#:~:text=As%20tampinhas%20pl%C3%A1sticas%20coloridas%20podem,a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20novos%20bens>. Acesso em: 26 de agosto de 2024.

MALONE, R. F., BEECHER, L. E. Use of floating bead filters to recondition recirculating waters in warmwater aquaculture production systems. **Aquacultural Engineering, Amsterdam**, v. **22**, p. 57-73, 2019.

MARTINEZ, C.B.R.; CYRINO, J. E. P.; URBINATI, E. C. Toxicidade e efeitos da amônia em peixes neotropicais. **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura**. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 81-95, 2006.

MUNCKE, J. **Food Packaging Forum & Statista: Production of polyethylene terephthalate bottles worldwide from 2004 to 2021**, January 2021: Drowning in plastic, Reuters Graphics, 2021.

OFITEXTO. 2023 - **Garrafa PET: de lixo que enche o mundo à geossintético**. Disponível em: <https://www.ofitexto.com.br/comunitexto/garrafa-pet-de-lixo-a-geossintetico/>. Acesso em: 13 de julho de 2024.

OLIVEIRA, M. T. **Análise de Desempenho e Durabilidade das Tampas de Garrafas PET em Diferentes Condições Ambientais**. 2021. 180 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Materiais) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

OSTRENSKY, A.; BOEGER, W. **Piscicultura: fundamentos e técnicas de manejo**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 1998. 211 p.

PARRA, J.E.G.; BALDISSEROTTO, B. **Effect of water pH and hardness on survival and growth of freshwater teleosts**. Fish osmoregulation. Science Publishers, New Hampshire. p. 135-150, 2007.

PASTANA FILHO, A. P.; CRUZ, A. L. D.; GONÇALVES, D. **Aspecto biológico do filtro biológico**. Dae, São Paulo, v. 93, n. 408, p.84-96, jul. 2004. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_93_n_405.pdf. Acesso em: 09 agosto de 2024.

PAUL, S., MANDAL, A., BHATTACHARJEE, P., CHAKRABORTY, S., PAUL, R., & KUMAR MUKHOPADHYAY, B. (2019). Evaluation of water quality and toxicity after exposure of lead nitrate in fresh water fish, major source of water pollution. **Egyptian Journal of Aquatic Research**, **45(4)**, 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2019.09.001>

PIEDRAS, S. R. N. Toxicidade aguda da amônia não ionizada e do nitrito em alevinos de *Cichlasoma facetum* (Jenyns, 1842). **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. **30**, n. 5, p. 1008-1012, set./out., 2006.

QUEIROZ, F. J.; BOEIRA, C. R. **Boas Práticas de Manejo (BPMs) para Reduzir o Acúmulo de Amônia em Viveiros de Aquicultura**. Comunicado Técnico 44 – Embrapa. São Paulo. Dezembro. 2007. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2024.

RANDALL, D. J.; TSUI, T. K. N. (2022). Ammonia toxicity in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, **124**, S62. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(99\)90247-7](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(99)90247-7)

SCORVO FILHO, J. D.; ROJAS, N. E. T.; SILVA, C. M.; KONOIKE, T. Criação de *Arapaima gigas* (Teleostei Osteoglossidae) em estufa e sistema fechado de circulação de Água, no Estado de São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca, SaoPaulo**, v. 30, n. 2, p. 161- 170, 2004.

SANTOS, M. S. **Efeito de ciclos de extrusão nas propriedades do pead oriundo de tampinhas de garrafas de água mineral sem gás**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de São Paulo. Engenharia de Materiais. Disponível em:
<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/62644>. Acesso em: 22.08.2024.

SANTOS, R. G. **O Ciclo da Reciclagem de Garrafas PET**. Porto Alegre: Editora Ambiental, 2019

SILVA, A. M.; DUNCAN, W. L. P. Aspectos biológicos, ecologia e fisiologia do pirarucu (*Arapaima gigas*): uma revisão da literatura. **Scientia Amazonia**, v. 5, n.3, 31-46, 2016. Revista on-line <http://www.scientia-amazonia.org> ISSN:2238.1910

SILVA, A. P.; MELO, R. J. Avaliação econômica de sistemas de filtração em aquicultura. **Revista Brasileira de Aquicultura**, v. 17, n. 2, p. 45-55, 2022.

SILVA, M. A.; OLIVEIRA, J. B. Análise do impacto ambiental das tampas de garrafas PET. **Revista Brasileira de Engenharia de Materiais**, v. 14, n. 3, p. 123-135, 2022.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1992, 70 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. Utilização de biofiltros em sistemas de cultivo de peixes. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 21, n. 203, p. 38-43, mar./abr. 2003.

TOMASSO, J. R. 1994. Toxicity of nitrogenous wastes to aquaculture animals. **Reviews in Fisheries Science** 2: 291-314.

VERDEGEM, M. C. J.; BOSMA, R. H.; VERRETH, J. A. J. Reducing water use for animal production through aquaculture. **International Journal of Water Resources Development**, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 101–113, mar. 2020.

WHEATON, F. W.; TIMMONS, M. B.; LOSORDO, T. Nitrification filter principles. In: TIMMONS, M. B.; LOSORDO, T. M.(Ed.). Aquaculture water reuse system: engineering design and management. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 101-126. **Developments in Aquaculture and Fisheries Sciences**, vol. 27.