




# Monitoramento de qualidade da água reutilizada para cultivo intensivo de tilápia e camarão no semiárido

Érika Mirelly Santana de Queiroz<sup>1\*</sup> , Ugo Lima Silva<sup>2</sup> , Renata Akemi Shinozaki Mendes<sup>1</sup> 

1 Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação (PGBC) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UAST/UFRPE, Av. Gregório Ferraz Nogueira, Serra Talhada – PE, Brasil, 56909-535.

2 Curso de Engenharia de Pesca da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UAST/UFRPE, Av. Gregório Ferraz Nogueira, Serra Talhada – PE, Brasil, 56909-535.

\*Autor para correspondência: [mirelly\\_e@hotmail.com](mailto:mirelly_e@hotmail.com)

Recebido em 16 de agosto de 2023.

Aceito em 15 de setembro de 2024.

Publicado em 13 de dezembro de 2024.

**Resumo** - O presente estudo avaliou as variáveis físico-químicas de qualidade da água em reuso para cultivo de tilápia (*Oreochromis niloticus*) e camarão (*Litopenaeus vannamei*) usando a tecnologia de bioflocos (BFT) no semiárido. A qualidade de água apresentou os melhores resultados usando trigo, melação ou fécula de mandioca como fonte de carbono, sendo o cultivo com açúcar o que apresentou maiores entraves. Embora o tratamento controle seja baseado em um sistema com renovação de água, nenhum atributo apresentou diferença significativa dos demais tratamentos. A concentração de amônia variou em função dos dias de cultivo, pode-se afirmar que o sistema de BFT foi eficiente na manutenção da qualidade da água. As variações nas concentrações de amônia, nitrito, nitrato e fósforo se apresentaram como respostas diretas do pH e da temperatura, além da interferência da condutividade. Os demais atributos não foram selecionados pelos modelos ( $p > 0,05$ ), indicando que a variação, dentro dos valores observados, não alterou as concentrações supracitadas, destacando a eficiência do sistema de bioflocos como alternativa para reuso de água com baixas reposições. Assim, pode-se concluir que é possível a reutilização de água em cultivos com reposições mínimas para mitigar os impactos ambientais bem como fortalecer o desenvolvimento em regiões semiáridas.

**Palavras-chave:** Aquicultura. Reutilização de água. Impactos ambientais.

## Quality monitoring of reused water for intensive tilapia and shrimp culture in the semi-arid region

**Abstract** - The present study evaluated the physicochemical variables of reused water quality for tilapia (*Oreochromis niloticus*) and shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultivation using biofloc technology (BFT) in the semi-arid region. The water quality showed the best results using wheat, molasses, or cassava starch as a carbon source, with sugar cultivation being the one that presented the greatest obstacles. Although the control treatment is based on a system with water renewal, no attribute showed a significant difference from the other treatments. The ammonia concentration varied according to the days of cultivation; it can be stated that the BFT system was efficient in maintaining the water

quality. Variations in ammonia, nitrite, nitrate, and phosphorus concentrations were direct responses to pH and temperature, in addition to conductivity interference. The other attributes were not selected by the models ( $p > 0.05$ ), indicating that the variation, within the observed values, did not alter the aforementioned concentrations, highlighting the efficiency of the biofloc system as an alternative for water reuse with low replacements. Thus, it can be concluded that it is possible to reuse water in crops with minimal replacement to mitigate environmental impacts as well as strengthen development in semi-arid regions.

**Keywords:** Aquaculture. Water reuse. Environmental impacts.

## Monitoreo de la calidad del agua reutilizada para el cultivo intensivo de tilapia y camarón en el semiárido

**Resumen** - El presente estudio evaluó las variables fisicoquímicas de la calidad del agua reutilizada para el cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) y camarón (*Litopenaeus vannamei*) utilizando tecnología biofloc (BFT) en la región semiárida. La calidad del agua mostró los mejores resultados utilizando trigo, melaza o almidón de yuca como fuente de carbono, siendo el cultivo de azúcar el que presentó mayores obstáculos. Aunque el tratamiento de control se basa en un sistema con renovación de agua, ningún atributo mostró una diferencia significativa con los otros tratamientos. La concentración de amoníaco varió según los días de cultivo, se puede afirmar que el sistema BFT fue eficiente en el mantenimiento de la calidad del agua. Las variaciones en las concentraciones de amoníaco, nitrito, nitrato y fósforo fueron respuestas directas al pH y la temperatura, además de la interferencia de la conductividad. Los demás atributos no fueron seleccionados por los modelos ( $p > 0.05$ ), lo que indica que la variación, dentro de los valores observados, no alteró las concentraciones antes mencionadas, destacando la eficiencia del sistema biofloc como alternativa para la reutilización del agua con bajas reposiciones. Por lo tanto, se puede concluir que es posible reutilizar el agua en cultivos con mínima reposición para mitigar impactos ambientales así como fortalecer el desarrollo en regiones semiáridas.

**Palabras clave:** Acuicultura. Reutilización del agua. Impactos ambientales.

## Introdução

A aquicultura é uma das principais fontes de alimento, nutrição, renda e meios de subsistência. Contudo, as atividades convencionais raramente são sustentáveis, tendo como produto efluentes ricos em nutrientes, podendo gerar impacto ambiental se lançado diretamente no corpo hídrico (Konnerup et al. 2011). Para isso, novas tecnologias são necessárias para a aquicultura, visando alcançar o desenvolvimento sustentável com maior produtividade e menor impacto ambiental (Robles-Porchas et al. 2020).

Neste contexto, surgiu os sistemas de cultivo baseado na tecnologia de biofloc (BFT), técnica desenvolvida para mitigar os impactos ambientais minimizando a descarga de efluentes (Avnimelech,

2007). Sua técnica tem como finalidade realizar o monitoramento e controle de qualidade de água e por meio da adição do carbono induzir a ambientes de cultivo heterotrófico (Crab et al. 2012). Nessa técnica, os nutrientes residuais da aquicultura são mineralizados por microrganismos e transformados em matéria orgânica e nutrientes (Robles-Porchas et al. 2020).

Durante esse processo ocorre a eutrofização, fenômeno que está associado ao aumento excessivo da produção de biomassa de produtores primários, geralmente causado pela elevada concentração de nutrientes (Hutchinson 1957). O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo são as principais causas da eutrofização em ecossistemas continentais (Macedo e Sipaúba-Tavares 2018). Desta maneira, a concentração de nutrientes nos efluentes pode provocar inúmeras alterações físicas e químicas no corpo d'água receptor, entre elas, variações no pH, responsável por mortalidade de peixes devido ao desequilíbrio ambiental (Beveridge et al. 1991; Talbot e Hole 1994).

As pesquisas demonstram a produção e eficiência da ciclagem de nitrogênio no uso do BFT, que acontece através do consumo da ração e dos microrganismos que são capazes de converter o nitrogênio em fonte de alimento para os organismos aquáticos. As fontes de energia para as bactérias heterotróficas componentes do biofloco, geralmente são os subprodutos da indústria alimentar, as fontes de carbono são: melão, açúcar, trigo e fécula de mandioca (Avnimelech 1999; Emerenciano et al. 2013; Silva et al. 2016).

As pesquisas demonstram resultados positivos quanto a eficiência do nitrogênio presente no ambiente de cultivo, por meio do consumo de ração e da biomassa dos microrganismos sendo estimulada pelas fontes de carbono orgânico (Emerenciano et al. 2013). Para um sistema intensivo de cultivo ser bem sucedido é necessário garantir a qualidade da água e dos sistemas intensivos. A qualidade da água é um dos maiores problemas, o acúmulo de formas tóxicas de nitrogênio inorgânico são altamente danosos para os animais aquáticos (Avnimelech 2009).

Existem muitos estudos sobre o uso do BFT, grande parte deles são direcionados para a relação C:N na água, efeito das fontes de carbono, densidades de estocagem e afins, que são essenciais para entender as dinâmicas dos cultivos limnológicos. Entretanto, pesquisas sobre a qualidade da água usando modelos múltiplos e análise multivariada para explicar os aspectos do cultivo com o BFT ainda permanecem inexistentes. Nesse contexto, o presente estudo apresenta o monitoramento de qualidade da água em ambientes intensivos para cultivo de tilápia e camarão baseado na tecnologia de biofloco a partir da utilização de diferentes fontes de carbono. Ainda, propõe-se modelos lineares múltiplos e multivariados para caracterizar a relação entre as fontes de carbono e os atributos físico-químicos da água em função dos dias de cultivo.

## Material e métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado no Laboratório de Experimentação de Organismos Aquáticos (LEOA) da Unidade Acadêmica de Serra Talhada da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST/UFRPE), Serra Talhada, PE, Brasil. A pesquisa foi baseada na análise da qualidade da água de experimentos que ocorreram em 2014, 2015 e 2017, com cultivo de camarão (*Litopenaeus vannamei*) e tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Tabela 1) com licenças da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - B19 N° 76/2013 e CEUA - B10 N° 70/2017).

**Tabela 1.** Apresentação das características dos experimentos com *Oreochromis niloticus* e *Litopenaeus vannamei* na Unidade Acadêmica de Serra Talhada – UAST/UFRPE em 2014, 2015 e 2017.

Experimentos	Período	Tempo/dias	Fase de cultivo
1. <i>Oreochromis niloticus</i>	2014	63	Alevinagem
2. <i>Oreochromis niloticus</i>	2015	107	Engorda
3. <i>Litopenaeus vannamei</i>	2017	28	Berçário

### Procedimentos experimentais

Os experimentos foram realizados em tanques circulares de polietileno com capacidade útil de 20 L e tanques circulares de fibra de vidro com capacidade útil de 800 L de água. Todos os tanques foram cobertos com telas de proteção, e não houve renovação de água, sob aeração constante e submetidos a fotoperíodo natural (12h:12h). Os reservatórios foram abastecidos com água de cultivos anteriores que utilizaram a mesma fonte de carbono para indução ao meio heterotrófico. A reposição das perdas por evaporação foi feita com água de poço artesiano filtrada em 200 µm e aerados individualmente com quatro pedras de aeração/tanque, alimentadas por um compressor radial (2 CV).

Para estimular a formação dos agregados microbianos nos tratamentos, foi acrescentada diariamente as fontes de carbono orgânico: melação (ME), açúcar (AC), trigo (TR) e fécula de mandioca (FE), seguindo o descrito por Ebeling et al. (2006) na relação carbono (C): nitrogênio (N) a fim de favorecer o desenvolvimento de bactérias heterotróficas. Os delineamentos experimentais inteiramente casualizados foram compostos por 5 tratamentos (4 diferentes fontes de carbono e tratamento controle) com 3 ou mais repetições. O tratamento controle foi realizado com renovação de água diferente dos demais tratamentos em sistema BFT).

### Variáveis de qualidade da Água

Os atributos físico-químicos: oxigênio dissolvido (OD) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), sólidos dissolvidos totais (SDT) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), potencial de oxirredução (ORP) (mV), pH e condutividade elétrica (CE) ( $\text{mS cm}^{-1}$ ) foram monitorados diariamente usando uma sonda multiparâmetro (YSI ProPlus) e a salinidade ( $\text{g L}^{-1}$ ) por meio de um refratômetro ótico.

Durante os cultivos, as coletas de água ocorreram semanalmente para análise de nitrogênio amoniacal total (Amônia) ( $\text{N}-(\text{NH}_4+\text{NH}_3)$ ) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrito ( $\text{N-NO}_2$ ) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), nitrato ( $\text{N-NO}_3$ ) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), fosfato inorgânico ( $\text{P-PO}_4$ ) ( $\text{mg L}^{-1}$ ), sólidos suspensos totais (SST) ( $\text{mg L}^{-1}$ ). Esses atributos foram mensurados por meio de um fotômetro (YSI 9500), com base nos seguintes métodos: indofenol, nitricol, nitratest, vanadomolibdato e alkaphot, respectivamente (APHA 1995; Avnimelech 2009).

### Análise estatística

Todos os dados das análises de qualidade da água em estudos com tecnologia de BFT foram submetidos aos testes de normalidade de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de Bartlett ( $p < 0,05$ ). Uma vez que não foi constatada a normalidade da amostra e nem a homogeneidade das variâncias,

foi aplicada ANOVA não paramétrica Kruskal- wallis seguida do teste *post hoc* Student Neuman Keuls (SNK) ( $p < 0,05$ ) para comparação das medianas entre os tratamentos.

Para avaliar a influência dos atributos físicoquímicos e dias de cultivo nos diferentes tratamentos (Controle; Açúcar; Melaço; Fécula de mandioca e Trigo), os dados foram inicialmente padronizados usando o transformador logarítmico. Em seguida, foi realizada uma Análise Discriminante (LDA) com correção de Bonferroni ( $p < 0,05$ ). Para essas análises, foi utilizado o software Past, versão 3.07 (Hammer et al. 2001).

Para analisar a possível influência do tempo de cultivo (em dias) e de fatores abióticos (oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, salinidade, sólidos dissolvidos totais, pH e sólidos suspensos totais) na concentração de amônia, fosfato, nitrito e nitrato foi criado um modelo linear generalizado a partir de regressão linear múltipla para os tratamentos em bioflocos. Para selecionar as variáveis significativas no modelo, foi utilizado o processo de *stepwise*, associado ao transformador de Box e Cox (1964), simplificado. Para avaliar a consistência do modelo, foram utilizadas a estatística “F” da análise de variância para regressão ( $p < 0,05$ ) e o índice determinístico R<sup>2</sup> (Mendes 1999). Essas análises foram processadas utilizando o software SyEAPRO v.2.

## Resultados

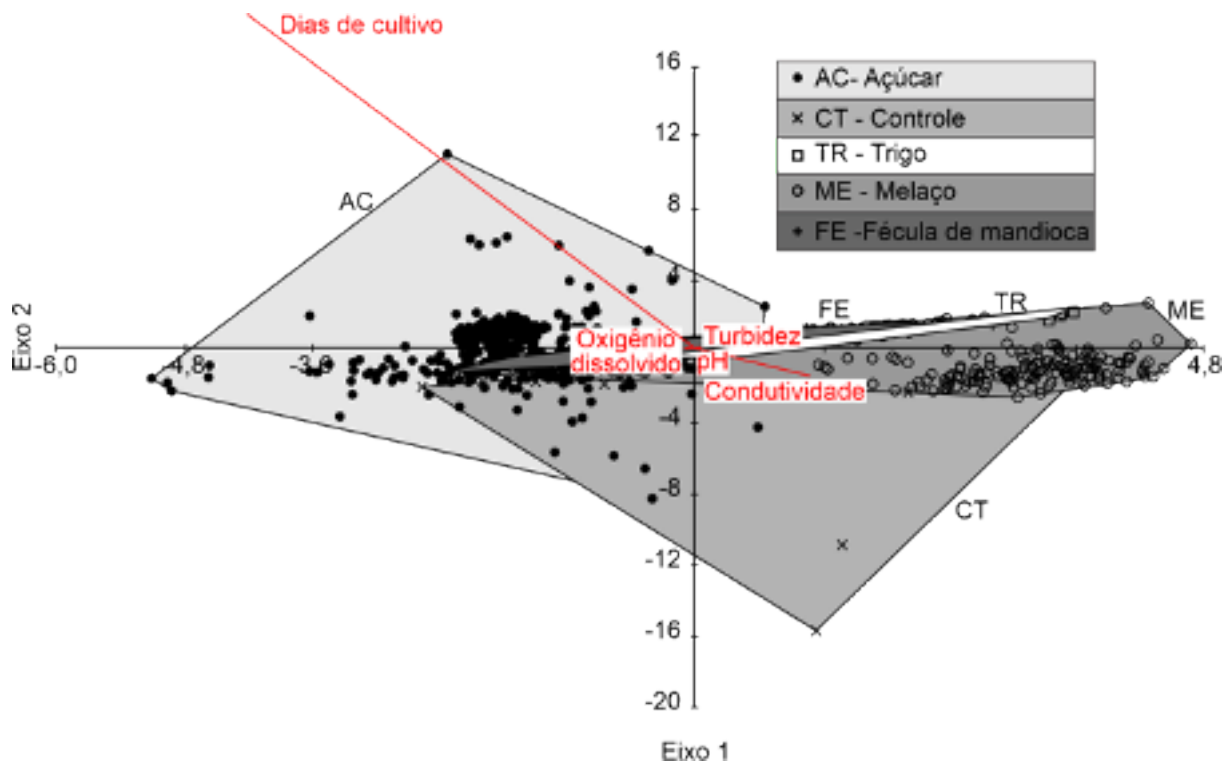
### Variáveis da qualidade da água

Ao comparar os tratamentos com a utilização das diferentes fontes de carbono, o trigo (TR) e o melaço (ME) apresentaram as menores distâncias, não apresentando diferenças significativas ( $p = 0,5482$ ), sendo, então, agrupados para as análises subsequentes. Os demais tratamentos foram estatisticamente distintos ( $p$ -valores  $< 0,0001$ ). Os tratamentos com açúcar (AC) e trigo foram os que apresentaram maiores distâncias e diferenças (Figura 1).

O AC foi o grupo que apresentou a melhor alocação correta entre os grupos ao qual ele pertence (86,2%; Tabela 2), indicando a maior diferença dos demais grupos, embora tenha apresentado a maior dispersão de pontos, o que indica maior variância nos valores dos atributos físico-químicos. A dispersão dos pontos deste tratamento está relacionado aos dias de cultivo, sendo o único tratamento influenciado por essa variável.

No tratamento em águas claras (controle), observou-se uma alocação errônea nos tratamentos com açúcar e melaço, em 40,8% e 50,8% dos dados, respectivamente. Essa alocação indica que, embora os tratamentos sejam estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ) como um todo, apresentam resultados semelhantes em alta porcentagem. Ainda, observa-se que os dias de cultivo não influenciou esse tratamento, cujos valores foram dispersos na porção negativa do eixo 1, oposto aos dias de cultivo, uma vez que a característica desse tratamento é a renovação de água.

**Figura 1.** Análise discriminante entre tratamentos com diferentes fontes de carbono em tecnologia de bioflocos e a influência dos atributos físico-químicos e dias de cultivo, no período entre 2014, 2015 e 2017.



**Tabela 2.** Alocação correta entre grupos de diferentes fertilizações com fontes de carbono em tecnologia de bioflocos no semiárido, PE em 2014, 2015 e 2017. AC: Açúcar; CT: Controle; ME: Melaço; FE: Fécula de mandioca e TR: Trigo. Valores totais indicam o número de mensurações realizadas em cada tratamento.

	CT	AC	FE	ME	TR
AC	53	381	60	0	01
CT	11	02	0	02	01
ME	66	29	338	306	333
FE	0	27	410	08	105
TR	0	0	05	04	27
Total	130	442	813	400	407
Alocação correta	8,46%	86,2%	50,43%	76,5%	6,63%

Ao analisar os atributos físico-químicos, os valores medianos encontrados nos diferentes tratamentos apresentaram diferenças significativas ( $p < 0,05$ ). Observa-se que o tratamento com açúcar, em consonância com a análise discriminante, apresentou a maior diferença em relação aos demais tratamentos (Tabela 3), com menores valores de temperatura e maiores valores de salinidade e SDT. Embora o tratamento controle seja baseado em um sistema distinto dos demais, com renovação de água, nota-se que nenhum atributo apresentou diferença significativa dos demais tratamentos.

**Tabela 3.** Valores das medianas (máximo e mínimo entre parêntesis) dos atributos da qualidade da água em cultivo de *Oreochromis niloticus* e *Litopenaeus vannamei* com diferentes estratégias de fertilização usando a tecnologia de BFT realizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, PE em 2014, 2015 e 2017. AC: Açúcar; CT: Controle; ME: Melaço; FE: Fécula de mandioca e TR: Trigo. ORP Potencial de Oxirredução; SDT: sólido dissolvido total.

	CT	AC	FE	ME/TR
Temperatura (°C)	25,2c (20,2/29,0)	23,4a (19,7/26,2)	24,4b (20,7/29,4)	25,1c (20,5/30,8)
pH	7,9a (7,8/8,1)	7,9a (7,1/8,5)	8,0b (7,8/9,3)	8,1c (7,8/8,6)
OD (mg L <sup>-1</sup> )	7,1ab (5,7/9,3)	7,0a (4,8/13,9)	7,3b (4,4/14,7)	7,2b (4,0/14,5)
ORP (mg L <sup>-1</sup> )	135,7a (120,7/188,8)	137,7a (93,3/199,5)	146,2a (81,5/366,0)	144,3a (84,2/358,4)
Condutividade (mS cm <sup>-1</sup> )	6971ab (5151/9084)	5370b (4113/9416)	4214a (4089/9168)	4222a (4004/9182)
Salinidade (g L <sup>-1</sup> )	3,9ab (3,1/5,0)	4,6b (2,4/5,1)	2,9a (2,1/5,1)	3,0a (2,3/5,1)
SDT (g L <sup>-1</sup> )	4010ab (3627/5852)	5351b (2970/5937)	3573a (2099/5951)	3562a (2257/5943)

Valores na mesma linha com letras diferentes são estatisticamente diferentes  $p < 0,05$ .

A concentração de amônia variou em função dos dias de cultivo, diminuindo as concentrações (Tabela 4), indicando que o sistema de BFT tem sido eficiente na manutenção da qualidade da água. Os dias de cultivo influenciaram apenas na dispersão dos dados (maior variância) nos cultivos com açúcar (Fig. 1), não influenciando também nas concentrações de nitrito, nitrato e fósforo (Tabela 4).

As variações nas concentrações de amônia, nitrito, nitrato e fósforo se apresentaram como respostas diretas do pH e da temperatura, além da interferência da condutividade (nas concentrações de fosfato) (Tabela 4). As demais variáveis analisadas não foram selecionadas pelos modelos, indicando que a variação, dentro dos valores observados (Tabela 3), não alteraram as concentrações supracitadas, mais uma vez, destacando a eficiência do sistema de bioflocos.

**Tabela 4.** Valores das medianas (máximo e mínimo entre parêntesis) das concentrações de amônia, nitrito, nitrato e fosfato (variáveis independentes do modelo) e modelos múltiplos (com valor de R<sup>2</sup> e p-valor) ORP: Potencial de Oxirredução.

Atributos	Concentrações	Modelo	R <sup>2</sup>	p - valor
Tratamento: Trigo ou melaço				
Amônia (mg L <sup>-1</sup> )	0,66 (0,0/2,3)	Amônia = 2,0 – dias - pH x ORP	37,22%	0,0029
Fosfato (mg L <sup>-1</sup> )	49,05 (34,5/86,0)	Fosfato = 1027 – pH x condutividade	64,86%	0,0027
Nitrato (mg L <sup>-1</sup> )	22,0 (1,7/ 26,0)	Nitrato = 1533 – 19temperatura – 137pH	60,87%	0,0374
Nitrito (mg L <sup>-1</sup> )	1,07 (0,11/1,90)	Nitrito = 34,8 – 1,7temperatura	40,53%	0,0014

## Discussão

O oxigênio dissolvido é a segunda variável mais importante em um cultivo, pois a aeração é fundamental para a sobrevivência de microrganismos na água e indispensável para a ciclagem dos nutrientes. As concentrações oscilaram em torno de 7,2 mg L<sup>-1</sup>, indicando que a aeração projetada foi satisfatória para manter o nível de oxigênio adequado na água em todos os tratamentos, mesmo considerando os valores mais baixos durante as oscilações de concentrações.

Os valores para pH próximo a 8,0 está inserido na faixa ideal (entre 7,0 e 8,0) para cultivo, em que valores abaixo podem comprometer o desenvolvimento das espécies, inclusive dos microrganismos (Avnimelech 2009). O pH é uma variável que influencia em quase todas as reações químicas que ocorrem na água, além de interferir nos processos fisiológicos dos animais.

A salinidade e o potencial de oxirredução estiveram dentro da faixa ideal, que, segundo Sá (2012), devem apresentar valores entre 0,5 a 40 g L<sup>-1</sup> e segundo Avnimelech (2009), entre 100 e 320 mV, respectivamente, indicando um ambiente aeróbio, importante para evitar o surgimento de substâncias tóxicas anaeróbicas (sendo fatores determinantes para o crescimento).

É importante levar em consideração a quantidade de sólidos dissolvidos totais presente na água, principalmente em sistemas fechados. O excesso de nutrientes na água pode levar ao acúmulo indesejado de sólidos e conseqüentemente uma eutrofização da água. Os valores máximos para SDT se apresentaram acima do recomendado de acordo com a resolução do CONAMA 357/2005 (3399 e 4181 g L<sup>-1</sup>), porém, os valores medianos se mantiveram na margem aceitável, exceto para o tratamento com açúcar.

As concentrações de nitrito, nitrato, amônia, fosfato e alcalinidade permaneceram abaixo dos níveis considerados tóxicos (Lin e Chen 2003). Nos tratamentos de diferentes estratégias de fertilização com carbono, o melaço, trigo e fécula de mandioca apresentaram as menores concentrações de SDT quando comparados ao CT (controle), isso ocorre devido a maior solubilidade das fontes de carbono para as bactérias heterotróficas (Silva *et al.* 2016). As bactérias heterotróficas aceleram o crescimento quando são fornecidas diferentes fontes de carbono pois estimulam uma absorção mais acelerada do nitrogênio em comparação com os métodos convencionais (controle) (Emerenciano *et al.* 2007). Entretanto, valores mais dispersos no tratamento com açúcar indicam que essa fonte de carbono apresenta maior variância, e conseqüentemente, uma menor padronização, o que pode acarretar em menor padronização dos aspectos zootécnicos, que devem ser analisados em trabalhos futuros.

Ao longo do cultivo a tendência é que as concentrações de amônia se elevem, uma vez que a amônia é gerada a partir do grupo Amino dos aminoácidos dos resíduos da alimentação e das excretas dos animais (Kubitza 2017). Nos cultivos em bioflocos, com troca zero de água, analisados no presente trabalho, não observou-se esse aumento. Essa característica reforça a eficiência obtida no sistema utilizado, que alcança resultados semelhantes aos cultivos com troca de água, porém, sem haver esse gasto e tampouco o impacto ambiental causado pelo descarte de efluentes.

Com base nos resultados apresentados, fica evidenciado que todas as fontes de carbono testadas são viáveis, não havendo alteração relevante nos atributos físico-químicos da água do cultivo. Apenas o cultivo com açúcar parece ter menos estabilidade nos parâmetros. Assim, a escolha de cada produtor pode ser diretamente associada aos custos e disponibilidade de fornecedor, tornando viável para o cultivo a utilização de diferentes fontes de carbono.

É possível observar que a qualidade físico-química da água apresentou modificações ao longo dos experimentos de acordo com cada tratamento. O reuso de água aplicada a tecnologia de biofloco é uma alternativa interessante e indispensável para mitigar o impacto ambiental gerado pelo método de cultivo convencional, principalmente em locais no semiárido com recursos hídricos limitados. O único fator limitante da técnica BFT é apresentar um elevado custo de implantação e mão de obra especializada.

## Conclusão

O uso da tecnologia de biofloco é uma solução indispensável com reposições mínimas de água capazes de mitigar os impactos ambientais, principalmente em locais com baixa disponibilidade hídrica. O monitoramento da qualidade de água alcançou os melhores resultados usando o trigo e o melão como fonte de carbono, sendo o cultivo com açúcar o que apresentou maiores entraves.

**Os autores participaram da seguinte forma no desenvolvimento deste manuscrito:** Ugo da Silva Lima - coleta de campo e acompanhamento do experimento em laboratório; Renata Akemi Shinozaki Mendes - análise estatística; Érika Mirelly Santana de Queiroz - redação do manuscrito.

### Informamos que:

- A pesquisa foi realizada com a Aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA - B19 N° 76/2013 e CEUA - B10 N° 70/2017);
- Concordamos que os nomes dos autores sejam divulgados para os revisores;
- Desconhecemos a disponibilidade dos dados em alguma base ou repositório;
- Este manuscrito foi desenvolvido através do fomento disponibilizado pelo Fundo de Amparo à Ciência e Tecnologia do estado de Pernambuco – FACEPE;
- Todos os autores concordam com a submissão e publicação nas normas da revista; e
- Não há conflito de interesses.

## Referências

- APHA. 1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19. ed. Washington, US: A.P.H.A/ A.A.W.W.A / W.E.F. p. 1082.
- Avnimelech Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, v. 176, p. 227-235. Doi: 10.1016/S0044-8486(99)00085-X.
- Avnimelech, Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, v.264, p.140–147. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025.
- Avnimelech Y. 2009. *Biofloc Technology, a practical guide book*. 2ª ed. Baton Rouge, US: The World Aquaculture Society, 182 p.
- Beveridge MCM, Phillips MJ, Clarke RM. 1991. A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production. In: Brune DE, Tomasso JR. (eds.) *Aquaculture and water quality*, Clemson University, USA. p.506-533.

- Brasil. 2005. Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p. 58-63.
- Box GEP, Cox, D R. 1964. An analysis of transformation. Journal Royal Statistical Society Serie B. v.26, p.211-243. Doi: 10.1111/j.2517-6161.1964.tb00553.x.
- Crab R, Defoirdt T, Bossier P, Verstraete W. 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges, Aquaculture, v.356-357, p.351-356. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.046.
- Ebeling JM, Timmons M B, Bisogni JJ. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture, v. 257, p. 346-358. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2006.03.019.
- Emerenciano MGC, Wasielesky W.; Soares RB, Ballester EC, Izeppi EM, Cavalli RO. 2007. Crescimento e Sobrevivência do Camarão-Rosa (*Farfantepenaeus paulensis*) na fase berçário em meio heterotrófico. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v.29, n.1, p.1-7. Disponível em: <https://repositorio.furg.br>. Acesso em: 12 de dezembro de 2022.
- Emerenciano M, Gaxiola G, Cuzon, G. 2013. Biofloc technology (BFT): a review for aquaculture application and animal food industry. Biomass now-cultivation and utilization, p. 301-328 Doi: 10.5772.53902.
- Hammer O, Harper D e Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. Palaeontologia Electronica. v. 4.
- Konnerup D, Trang NTD, Brix H. 2011. Treatment of fishpond water by recirculating horizontal and vertical flow constructed wetlands in the tropics. Aquaculture, v. 313, n. 1-4, p. 57-64, 2011. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2010.12.026.
- Kubitza F. 2011. Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. 2.ed. rev. ampl. Jundiaí: Acqua Supre Com. Suprim. Aquicultura, 316p.
- Kubitza F. 2017. O impacto da amônia, do nitrito e do nitrato sobre o desempenho e a saúde dos peixes e camarões. Panorama da Aquicultura, v. 27 n.164, p-14-27.
- Lin Y e J Chen. 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei* (Boone) juveniles at different salinity levels. Aquaculture, 224: 193-201. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5).
- Macedo CF, Sipaúba-Tavares LH. 2018. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca, v. 36, n. 2, p. 149-163.
- Mendes PP.1999. Estatística aplicada à Aqüicultura. Recife-PE. Ed. Bargaço, 265p.
- Robles-Porchas GR, Gollas-Galván T, Martínez-Porchas M, Martínez-Cordova LR, Miranda-Baeza, A e Vargas-Albores F. 2020. The nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture. Reviews in Aquaculture, vol. 12, n. 4, p. 2228-2249. Doi: 10.1111/raq.12431.
- Silva UL, Falcon DR, Pessoa MN, Correia ES. 2017. Carbon sources and c:n ratios on water quality for Nile tilapia farming in biofloc system. Revista Caatinga, v.30, p. 1017 – 1027. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n423rc>.
- Talbot C, Hole R. 1994. Fish diets and the control of eutrophication resulting from aquaculture. Journal of Applied Ichthyology, v10: p.258-270. Doi: 10.1111/j.1439-0426.1994.tb00165.x.