PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA EM AQUAPONIA DE CEBOLINHA CULTIVADA COM TILÁPIA-DO-NILO E COM ACARÁ-BANDEIRA

Leonardo dos Reis Periard[1], Josemar Braga Senna[2], Davi Lustosa Santunioni[2], Rodrigo Martins Pereira[1], Marcelo Gomes de Araújo[3], Pedro Pierro Mendonça[2].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Alto Universitário, s/nº, Bairro Guararema - 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, leozinho.periard@gmail.com, rmpereira@ifes.edu.br.
[2]Instituto Federal do Espírito Santo/Setor de Aquicultura, Rodovia BR 482, Km 47, Distrito de Rive - 29520-000 - Alegre-ES, Brasil, jbsenna3@hotmail.com, davilutosa40@gmail.com, ppierrom@gmail.com.
[3]Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR-259 (Colatina-Baixo Guandu), Km 70, zona rural do distrito de Itapina - 29717-000 - Colatina-ES, Brasil, mgaquicultura@gmail.com.

Resumo
Este trabalho avaliou os parâmetros físico-químicos da água em sistema aquapônico de cebolinha (*Allium fistulosum*) cultivada com tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) ou acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Alegre, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, por 75 dias, monitorando oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, amônia, nitrito e nitrato. O acará-bandeira apresentou maior oxigênio dissolvido (7,59 mg L-1) do que a tilápia (4,41 mg L-1), enquanto a condutividade elétrica foi maior com tilápia (865,68 µS cm-1) do que com acará-bandeira (573,41 µS cm-1), refletindo a diferença na oferta de ração entre as espécies. Amônia, nitrito e nitrato oscilaram ao longo dos meses, com elevação pontual em outubro, sem atingir níveis prejudiciais. A espécie de peixe associada à cebolinha interfere diretamente na dinâmica da água do sistema, sendo o acará-bandeira relacionado a maior oxigenação e menor carga de nutrientes dissolvidos.

Palavras-chave: Recirculação. Qualidade da água. Tilápia-do-nilo. piscicultura. Agricultura familiar.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias: Aquicultura

Introdução

A produção mundial de alimentos vem sendo pressionada pelo crescimento populacional, que deve levar a humanidade a ultrapassar 9,7 bilhões de habitantes até 2050, conforme projeções da Organização das Nações Unidas (ONU, 2024). Esse cenário tem estimulado a busca por sistemas produtivos capazes de conciliar eficiência e menor impacto ambiental, o que aproxima a discussão da agroecologia, campo científico que integra conhecimentos da agronomia, da ecologia e das ciências sociais na construção de agroecossistemas mais equilibrados (Altieri, 2002; Caporal; Costabeber; Paulus, 2009). No Brasil, essa discussão ganha relevância adicional quando se considera que a agricultura familiar responde por cerca de 77% dos estabelecimentos rurais do país, segundo dados do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019).

A aquaponia é uma das alternativas que têm ganhado espaço nesse debate, por associar em um mesmo sistema a criação de organismos aquáticos e o cultivo de vegetais. Emerenciano *et al.* (2015) descrevem essa técnica como uma forma de diversificação produtiva capaz de reduzir o consumo de água em relação aos cultivos convencionais, enquanto Contini, Belo e Branquinho (2020) destacam que o cultivo consorciado de peixes e hortaliças tende a favorecer tanto o desempenho zootécnico quanto o desenvolvimento vegetal, desde que a qualidade da água seja adequadamente acompanhada.

Isso ocorre porque, na aquaponia, a água circula continuamente entre o tanque de criação dos peixes e as bancadas de cultivo das plantas. Os efluentes gerados pelos animais são convertidos em nutrientes assimiláveis pelas plantas por meio da ação de bactérias nitrificantes alojadas no filtro biológico (Carneiro *et al.*, 2015). A maturação desse biofiltro, contudo, é um processo gradual e sensível

a variações no substrato, na temperatura e na oferta de oxigênio (Marques *et al.*, 2023), razão pela qual o monitoramento de parâmetros como oxigênio dissolvido, temperatura, pH, condutividade elétrica, amônia, nitrito e nitrato se torna indispensável tanto para o bem-estar dos peixes quanto para a nutrição mineral adequada das plantas cultivadas (Rengel; Cakmak; White, 2022).

Entre as espécies utilizadas em aquaponia, a tilápia-do-nilo ocupa lugar de destaque na piscicultura brasileira, tendo respondido por cerca de 70% da produção nacional de peixes de cultivo em 2025, resultado atribuído em boa parte à sua rusticidade e à boa conversão alimentar quando bem manejada (Peixe BR, 2026; Queiroz *et al.*, 2021). Já o acará-bandeira é um ciclídeo ornamental de ampla aceitação no mercado de aquariofilia, cujo desempenho produtivo em diferentes sistemas de criação já foi objeto de investigação científica (Ribeiro; Preto; Fernandes, 2008), com exportações em expansão nos últimos anos (Brasil, 2025). A cebolinha verde, por sua vez, é hortaliça de grande relevância para a agricultura familiar brasileira, sendo bastante procurada em feiras e mercados populares (Figueredo, 2018).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar e comparar os parâmetros físico-químicos da água em sistema aquapônico de cebolinha verde cultivada em associação com tilápia-do-nilo ou com acará-bandeira.

Metodologia

O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Campus Alegre, no setor de Aquicultura, no Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais (LNPEO), entre 30 de julho e 15 de outubro de 2022, totalizando 75 dias de cultivo, em área de 108 m² coberta com tela anti-pássaro e tela de sombreamento de 50%. O projeto foi previamente aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Ifes, sob o certificado n° 4/2022, código REI-CEA (11.02.37.15.05).

Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e três repetições cada: tilápia-do-nilo associada à cebolinha (T1) e acará-bandeira associado à cebolinha (T3), ambos oriundos de um experimento fatorial mais amplo que incluiu, também, o cultivo com agrião. Cada unidade experimental de aquaponia foi composta por caixa d'água de 150 L, com 100 L de volume útil, três canaletas de cultivo em tubos de PVC de 75 mm de diâmetro, com declividade de 10%, filtro mecânico de 3 L e filtro biológico de 57 L preenchido com brita. Em cada sistema foram plantadas 15 mudas de cebolinha, no espaçamento de 15 x 15 cm.

No tratamento com tilápia, foram alojados 30 juvenis por caixa, com peso médio inicial de 24,7 ± 3,42 g, alimentados com ração extrusada contendo 36% de proteína bruta. No tratamento com acará-bandeira, foram alojados 180 juvenis por caixa, com peso médio inicial de 2,01 ± 0,09 g, alimentados com ração extrusada contendo 40% de proteína bruta. Em ambos os tratamentos, a ração foi ofertada três vezes ao dia, às 7 h, 12 h e 17 h, até a saciedade aparente dos animais.

As variáveis oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica foram monitoradas diariamente, às 6 h, por meio de aparelhos digitais portáteis. Amônia, nitrito e nitrato foram determinados semanalmente, por análise laboratorial realizada na Universidade Federal do Espírito Santo, seguindo a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and* Wastewater (Rice *et al.*, 2023). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com auxílio do programa estatístico R.

Resultados

Os resultados a seguir referem-se aos tratamentos de cebolinha associada à tilápia-do-nilo (T1) e ao acará-bandeira (T3). A Tabela 1 traz os valores médios de oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade elétrica obtidos em cada tratamento ao longo do período experimental.

O oxigênio dissolvido foi significativamente maior no sistema com acará-bandeira do que no sistema com tilápia, enquanto a condutividade elétrica apresentou comportamento inverso, sendo mais elevada no tratamento com tilápia. Já a temperatura e o pH não diferiram estatisticamente entre os dois tratamentos avaliados.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos da água em sistema aquapônico de cebolinha cultivada com tilápia-do-nilo e acará-bandeira.

Parâmetro	Tilápia e cebolinha	Acará-bandeira e cebolinha
Oxigênio dissolvido (mg L-1)	4,41 b ± 0,39	7,59 a ± 0,07
Temperatura (°C)	25,77 a ± 0,45	26,00 a ± 0,22
pH	5,90 a ± 0,03	6,11 a ± 0,15
Condutividade elétrica (µS cm-1)	865,68 a ± 18,49	573,41 b ± 31,27

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

No que diz respeito às variáveis nitrogenadas, apresentadas na Tabela 2, a amônia manteve-se em níveis reduzidos e semelhantes entre os dois tratamentos até setembro, com elevação expressiva em outubro em ambos os sistemas, mais acentuada no tratamento com acará-bandeira. O nitrato foi maior no sistema com tilápia em agosto, sem diferença relevante entre os tratamentos nos demais meses. O nitrito, por sua vez, foi mais elevado no tratamento com acará-bandeira em julho e agosto, invertendo-se esse padrão a partir de setembro.

Tabela 2 - Valores médios mensais de amônia, nitrato e nitrito da água em sistema aquapônico de cebolinha cultivada com tilápia-do-nilo e acará-bandeira.

Parâmetro (mg L-1)	Tratamento	Jul.	Ago.	Set.	Out.
Amônia	Tilápia e cebolinha	0,0193 b	0,0663 b	0,0164 b	0,1586 a
	Acará-bandeira e cebolinha	0,0164 b	0,0158 b	0,0113 b	1,0602 a
Nitrato	Tilápia e cebolinha	0,0195 b	0,0865 a	0,0295 b	0,0410 b
	Acará-bandeira e cebolinha	0,0023 b	0,0242 a	0,0135 a	0,0195 a
Nitrito	Tilápia e cebolinha	0,2242 c	0,1664 c	1,1241 a	0,9861 a
	Acará-bandeira e cebolinha	1,0602 a	1,1241 a	0,8540 b	0,9289 b

Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

O maior teor de oxigênio dissolvido no sistema com acará-bandeira provavelmente decorre da menor quantidade de ração ofertada a essa espécie, se comparada à tilápia. Quanto maior o volume de resíduo orgânico não consumido e de excretas na água, maior tende a ser a atividade de bactérias decompositoras, que consomem oxigênio durante a degradação da matéria orgânica e reduzem sua disponibilidade no meio (Carneiro *et al.*, 2015). Ainda assim, os valores obtidos em ambos os tratamentos permaneceram acima de 4 mg L-1, patamar apontado por Lima *et al.* (2015) como adequado à manutenção de peixes, plantas e bactérias nitrificantes em sistemas aquapônicos de pequena escala.

Essa mesma diferença no volume de resíduo orgânico ajuda a explicar a maior condutividade elétrica registrada no tratamento com tilápia, uma vez que esse parâmetro reflete a concentração de íons dissolvidos resultantes da mineralização promovida pelo filtro biológico (Carneiro *et al.*, 2015). Do ponto de vista da nutrição das plantas, a condutividade elétrica funciona como indicador indireto da disponibilidade de nutrientes minerais no meio de cultivo, já que expressa a concentração total de íons passíveis de absorção pelas raízes (Rengel; Cakmak; White, 2022). Assim, o menor arraçoamento do acará-bandeira resultou em condutividade elétrica inferior, o que é compatível com a menor oferta de nutrientes minerais à cebolinha nesse tratamento.

A elevação da amônia observada em outubro, em ambos os sistemas, mas de forma mais acentuada no tratamento com acará-bandeira, é compatível com o processo de maturação do biofiltro, etapa em que as colônias de bactérias nitrificantes ainda não atingiram plena capacidade de conversão dos compostos nitrogenados. Marques *et al.* (2023), avaliando diferentes substratos filtrantes em sistemas de recirculação com tilápia-do-nilo, verificaram que mesmo biofiltros considerados maduros podem apresentar oscilações pontuais na eficiência de conversão da amônia, sobretudo diante de aumentos recentes na biomassa de peixes ou na quantidade de ração ofertada, o que é coerente com o padrão observado ao final do ciclo aqui avaliado.

De todo modo, a toxicidade dos compostos nitrogenados depende não apenas da concentração isolada de cada um deles, mas também de fatores ambientais associados, como temperatura, pH e disponibilidade de oxigênio, que podem potencializar ou atenuar seus efeitos sobre os peixes (Araújo *et al.*, 2021). Como as condições de oxigenação e pH permaneceram estáveis ao longo do experimento, é razoável concluir que as oscilações de amônia, nitrito e nitrato observadas não representaram risco imediato à sobrevivência dos peixes nem ao desenvolvimento da cebolinha.

Conclusão

A espécie de peixe associada ao cultivo de cebolinha em sistema aquapônico interfere diretamente nos parâmetros físico-químicos da água. O acará-bandeira proporcionou maior oxigenação e menor condutividade elétrica, enquanto a tilápia-do-nilo, em razão do maior volume de ração ofertado, resultou em maior carga de nutrientes dissolvidos na água. Amônia, nitrito e nitrato oscilaram ao longo do ciclo produtivo, sem, contudo, atingir níveis limitantes à viabilidade do sistema, o que reforça o potencial da aquaponia com cebolinha, tanto associada à tilápia quanto ao acará-bandeira, como alternativa produtiva para a agricultura familiar.

Referências

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável.** Guaíba: Agropecuária, 2002.

ARAÚJO, T. P.; BRIGHENTI, L. S.; SANTOS, H. B. dos; CASTRO, A. H. F.; THOMÉ, R. G. Toxicidade de compostos nitrogenados em peixes influenciada por parâmetros físico-químicos da água: uma revisão narrativa. ***Research, Society and Developmen****t*, v. 10, n. 11, e359101119779, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i11.19779. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19779. Acesso em: 14 mar. 2026.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Peixes ornamentais: aeroporto de Guarulhos concentra 95,5% das licenças de exportação.** Brasília: MPA, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mpa/pt-br/assuntos/noticias/peixes-ornamentais-aeroporto-de-guarulhos-concentra-95-5-das-licencas-de-exportacao. Acesso em: 10 set. 2026.

CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A.; PAULUS, G. **Agroecologia: ciência do campo da complexidade.** Brasília, 2009.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAIS, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 23 p. (Documentos, 189). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1025991/1/Doc189.pdf. Acesso em: 22 jan. 2026.

CONTINI, G. G.; BELO, L. R.; BRANQUINHO, R. G. Produção consorciada de tilápias e vegetais em sistema de aquaponia. ***Agropecuária Técnica*****,** Areia, v. 41, n. 1-2, p. 41-46, 2020. DOI: 10.25066/agrotec.v41i1-2.49804. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/index.php/at/article/view/49804. Acesso em: 04 fev. 2026.

EMERENCIANO, M. G. C.; MELLO, G. L.; PINHO, S. M.; MOLINARI, D.; BLUM, M. N. Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura. ***Panorama da Aquicultura*****,** Rio de Janeiro, v. 25, n. 147, p. 24-35, 2015. Disponível em: https://panoramadaaquicultura.com.br/aquaponia-uma-alternativa-de-diversificacao-na-aquicultura. Acesso em: 16 jan. 2026.

FIGUEREDO, N. **Cebolinhas: conheça 3 tipos e aprenda como cultivá-las.** 2018. Disponível em: https://nofigueiredo.com.br/cebolinhas. Acesso em: 26 maio 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2017: resultados definitivos.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html. Acesso em: 18 nov. 2024.

LIMA, J. de F.; BASTOS, A. M.; MONTAGNER, D.; BORGES, W. L. **Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar do Amapá.** Macapá: Embrapa Amapá, 2015. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037219/1/CPAFAP2015Folderaquaponia.pdf. Acesso em: 30 jan. 2026.

MARQUES, V. S.; VIEIRA, J. S. O.; ALVES, A. P.; COSTA, N. S. P.; OLIVEIRA, J. A. V.; MENDONÇA, P. P.; LOPES, T. S. Avaliação da maturação de biofiltros em sistema de recirculação em aquicultura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 62., 2023, Natal. ***Anais [...].*** **Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Química**, 2023. Disponível em: https://www.abq.org.br/cbq/2023/trabalhos/5/25029-29675.html. Acesso em: 12 ago. 2026.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World population prospects 2024: summary of results.** New York: UN DESA, 2024. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/pd/world-population-prospects-2024. Acesso em: 15 mar. 2026.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR 2026.** Brasília: Associação Brasileira de Piscicultura, 2026. Disponível em: https://www.peixebr.com.br/anuario-2026. Acesso em: 10 mar. 2026.

QUEIROZ, J. F. de; ALVES, J. M. C.; LOSEKANN, M. E.; FRASCA-SCORVO, C. M. D.; SCORVO FILHO, J. D.; FERRI, G. H.; ISHIKAWA, M. M. **Manejo alimentar e da qualidade da água na produção de tilápia-do-nilo (Oreochromis niloticus).** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2021. (Documentos, 130). Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1131706/1/SERIE-DOCUMENTOS-130-JULIO-06-05-21.pdf. Acesso em: 19 fev. 2026.

RENGEL, Z.; CAKMAK, I.; WHITE, P. J. (ed.). **Marschner's mineral nutrition of plants.** 4. ed. London: Academic Press, 2022.

RIBEIRO, F. de A. S.; PRETO, B. de L.; FERNANDES, J. B. K. Sistemas de criação para o acará-bandeira (Pterophyllum scalare). ***Acta Scientiarum. Animal Sciences***, Maringá, v. 30, n. 4, p. 459-466, 2008. DOI: 10.4025/actascianimsci.v30i4.685. Disponível em: https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAnimSci/article/view/685. Acesso em: 07 jan. 2026.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; BAXTER, T. E. (eds.). **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 24. ed. Washington, DC: APHA Press, 2023.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Os autores agradecem à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) pelo apoio institucional e infraestrutura concedidos ao Laboratório de Nutrição e Produção de Espécies Ornamentais para a execução desta pesquisa.