

## AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE SUPORTE NA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM SISTEMAS RAS COM TRATAMENTO BIOLÓGICO POR BIOMÍDIA

Adão S. Oliveira<sup>1</sup>; Graciele M. Campos<sup>1</sup>; Marcelo R. V. Lube<sup>1</sup>; Jeferson A. Lima<sup>1</sup>; Nara L. R. Andrade<sup>1</sup>; Pablo M. O. Nascimento<sup>1</sup>; Alberto D. Webler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Fundação Universidade Federal de Rondônia – Campus de Ji-Paraná.*  
*adao.oliveira@unir.br.*

**Palavras-Chave:** Aquicultura sustentável, Sistema RAS, Agricultura familiar.

### Introdução

A água é essencial para a agricultura familiar. No Brasil, 52,9% da água captada é usada para irrigação (ANA, 2022) e mesmo em estados com abundância hídrica, como Rondônia, houve escassez em 2023, afetando cerca de 149 mil agricultores, com perdas na produção de café, mandioca e leite (EMATER, 2023).

Nesse contexto, a água é um elo comum entre diversos setores da agricultura familiar, o que inclui a aquicultura, atividade altamente dependente da disponibilidade de água, cujo estado de Rondônia é destaque, sendo um dos principais produtores de peixe de cultivo do Brasil, liderando a Região Norte e ocupando a quinta posição no cenário nacional de produção de peixes de cultivo (PEIXEPR, 2025). O principal sistema para produção de peixes utilizado em Rondônia é o cultivo em viveiros escavados, amplamente utilizado por produtores locais, sobretudo aqueles ligados à agricultura familiar, sendo responsáveis pela maior parte das mais de 56 mil toneladas produzidas no ano de 2024 (PEIXEPR, 2025).

Entretanto, métodos de produção alternativos podem ser utilizados e adaptados à realidade de Rondônia, visando uma produção intensiva especialmente em períodos de escassez hídrica e restrição de espaços. Desse modo, tem-se o Sistema RAS (Sistema de Recirculação Aquícola) que é uma técnica de cultivo de peixes em circuito fechado onde a água é constantemente tratada e reutilizada, gerando grande economia hídrica (ENDE, 2024). Uma das tecnologias empregadas nesse sistema é o filtro biológico MBBR (*Moving Bed Biofilm Reactor*) que apresenta taxa de nitrificação dependente de fatores como a concentração de nitrogênio amoniacal e oxigênio dissolvido (RUSTEN *et. al.* 2006). Ressalta-se que cerca de 39,6% do nitrogênio consumido pela tilápia é excretado na forma amoniacal (RAFIEE *et al.*, 2006).

O sistema RAS oferece múltiplos benefícios para a agricultura familiar, pois reduz em até 90% o consumo de água versus sistemas convencionais de aquicultura, minimiza descarga de efluentes e melhora a biossegurança, além de elevar a eficiência produtiva em pouco espaço (CANDIDO *et al.*, 2022). Ademais, a possibilidade de integração com práticas de aquaponia onde os efluentes dos peixes nutrem plantas e assim, potencializam o uso dos recursos, promovem a produção de peixes e hortaliças com o mesmo volume de água (QUEIROZ, 2017).

Experiências, como em Bebedouro (SP), mostraram que famílias implementaram o RAS com materiais reutilizados, obtendo produção sustentável de pescado com baixo investimento (CANDIDO, *et al.* 2022). Outro estudo em aquaponia avaliou cultivo de tilápia e alface em sistema recirculante, demonstrando bons resultados, destacando o potencial de diversificação alimentar (ALVES *et al.* 2024). Exemplos no semiárido nordestino demonstram que, mesmo com infraestrutura limitada, a adoção desses sistemas quando acompanhada de assistência técnica permite ganhos significativos em eficiência e produção (AZEVEDO, 2022).

Essas experiências indicam que a integração tecnológica, se bem adaptada à realidade da agricultura familiar, pode contribuir para sistemas produtivos mais resilientes, com menor dependência de insumos externos e maior segurança alimentar. O “Sisteminha Embrapa”, por exemplo, é um arranjo produtivo de base agroecológica que integra piscicultura, hortaliças, aves e compostagem, adaptado a pequenas propriedades e que já beneficiou milhares de famílias em diversos estados brasileiros (GUILHERME, 2019).

A adoção do sistema (RAS) e as técnicas modernas de irrigação oferecem grandes oportunidades para a agricultura familiar, mas sua implementação ainda encontra diversos obstáculos estruturais, econômicos e técnicos. Mesmo em escalas reduzidas, a aquisição dos equipamentos necessários representa um investimento significativo para pequenos produtores e nesse contexto, muitos agricultores familiares não têm acesso a crédito rural suficiente para cobrir essas tecnologias, o que restringe sua adoção mesmo quando os benefícios de médio prazo são claros (SILVA *et. al.*, 2024). Ademais, o principal desafio técnico é a operação eficiente do RAS que exige domínio sobre parâmetros físico-químicos da água (oxigenação, pH, nitrogênio amoniacal e nitrito), além de noções básicas de manejo aquícola e agrícola (OWATARI *et. al.*, 2023).

Por fim, a atuação de instituições como a Embrapa, Universidades Federais e serviços de extensão rural (como a Emater) também é decisiva na produção de conhecimento adaptado à realidade da agricultura familiar, demonstrando que é possível adaptar tecnologias complexas à escala e aos recursos das famílias rurais, desde que haja mediação técnica adequada.

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a capacidade de suporte de sistemas de recirculação aquícola (RAS) com biomídia biológica na criação intensiva de tilápias, para determinar a densidade de estocagem ideal que mantém o equilíbrio biológico do sistema sem comprometer o bem-estar dos peixes.

## Material e Métodos

### Área do estudo

Foram utilizadas amostras de biomídias coletadas de pisciculturas instaladas em dois produtores das cidades de Presidente Médici-RO e Ji-Paraná-RO, ambos com quatro meses de produção de tilápia sexadas no sistema RAS.

### Descrição da área

As pisciculturas, denominadas de sistema (A e B) são compostas por um tanque de geomembrana com capacidade de 15 mil litros de água, contendo cerca de 200 alevinos com aproximadamente 1,5g, respectivamente, duas caixas d'água de 1000 litros (filtro mecânico/decantador e biofiltro (MBBR)). O sistema B diferencia-se por possuir uma lâmpada UVC 36W e um tanque de 5000 litros para a alocação da bomba de retorno. Na fase de estudos (4 meses), os indivíduos apresentaram peso médio de 420 e 450 gramas, respectivamente.

### Teste de Nitrificação (capacidade de suporte)

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Físico-Química da Universidade Federal de Rondônia, campus de Ji-Paraná. Para o desenvolvimento do sistema de tratamento em nível de bancada, foram confeccionados dois reatores de 2000 mL para um ensaio de batelada, com 30% de fração de recheio de biomídia com condições controladas de pH (acima de 7,5) e temperatura (25°C).

Os reatores contaram com a tecnologia de MBBR, sendo assim, de leito móvel, utilizando biomídias plásticas do tipo K3 da Marca Kaldness adquiridas no mercado nacional e que devido a sua densidade, permanecem suspensas no reator com locomoção livre. O volume usado de biomídias em cada reator foi de 0,6 litros coletados nos sistemas A e B e armazenado em solução por três horas até o início do ensaio.

O efluente simulado no tratamento foi coletado de um sistema RAS da Universidade Federal de Rondônia e foi fortificado com  $10 \text{ mg. L}^{-1}$  de nitrogênio amoniacal inserido a partir do cloreto de amônia (PA).

O ensaio foi realizado com aeração visando a agitação da solução e a manutenção da concentração de oxigênio dissolvido acima de  $4 \text{ mg. L}^{-1}$ . Para regular o pH foi preparado uma solução de bicarbonato de sódio a 1 mol.  $\text{L}^{-1}$ .

## Resultados e Discussão

O estudo foi conduzido em duas etapas. A primeira consistiu na determinação da taxa de nitrificação promovida pelas biomídias. Na segunda etapa, foi realizada a simulação da qualidade da água com base nos dados experimentais obtidos.

### Taxas de nitrificação

As taxas de nitrificação observadas nos dois sistemas apresentaram discrepâncias, evidenciando que o desempenho do sistema pode variar de acordo com o local e com fatores ambientais, tais como a qualidade da água de entrada, o manejo adotado, a taxa de renovação da água, temperatura, entre outros.

No caso do Sistema A, a taxa de nitrificação por litro de biomídia foi de  $0,59 \text{ gN. L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ . Durante todo o período de estudo, a temperatura da água manteve-se em aproximadamente  $28,6^\circ\text{C}$ . Já no Sistema B a temperatura foi de  $25^\circ\text{C}$  e a taxa de nitrificação foi de  $0,48 \text{ gN. L}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , valor inferior ao observado no Sistema A. Essa diferença pode estar associada, principalmente, à temperatura da água, visto que a atividade das bactérias nitrificantes é altamente dependente da temperatura. Temperaturas mais elevadas, dentro de uma faixa ideal (geralmente entre  $25^\circ\text{C}$  e  $30^\circ\text{C}$ ), favorecem a taxa metabólica desses microrganismos, aumentando, consequentemente, a eficiência da nitrificação.

As bactérias nitrificantes pertencem, em sua maioria, aos gêneros *Nitrosomonas* (responsáveis pela oxidação da amônia em nitrito) e *Nitrobacter* ou *Nitrospira* (que oxidam nitrito em nitrato) (SPRADLIN; SAHA, 2022). Elas são classificadas como bactérias quimiolitotróficas autótrofas e apresentam crescimento lento, com taxas de duplicação que podem variar em até 10 horas, dependendo das condições ambientais. Esse crescimento lento representa um dos principais desafios na operação de sistemas de recirculação aquícola (RAS) com elevadas cargas orgânicas, pois o tempo necessário para o estabelecimento de uma biomassa microbiana funcional é relativamente longo (ZOPPAS; BERNARDES; MENEGUZZI, 2016).

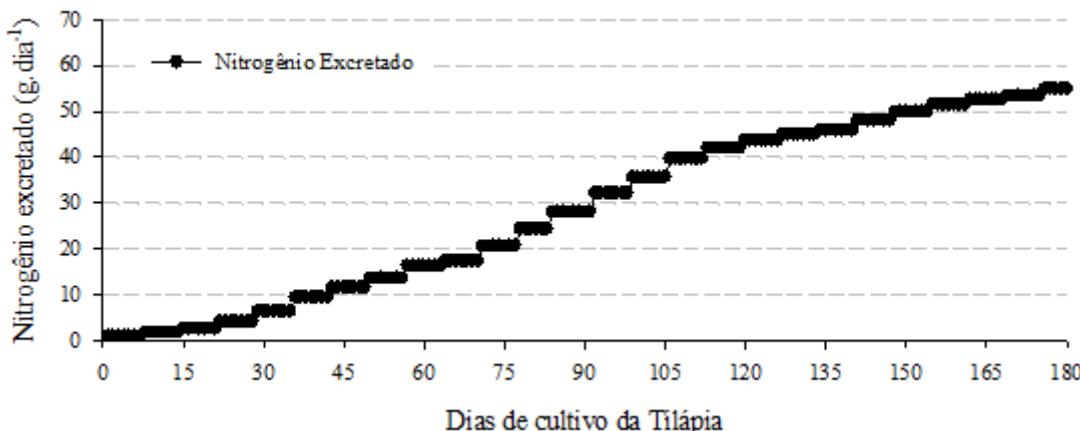
Além disso, a estabilidade da nitrificação pode ser afetada por outros fatores, como flutuações de pH, acúmulo de sólidos suspensos, baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido e outros fatores. Por isso, o manejo adequado desses parâmetros é essencial para garantir a eficiência e a estabilidade do processo de biofiltração em sistemas RAS.

Os resultados aqui encontrados, para as taxas de nitrificação, estão bem próximos ao demonstrado por Sousa (2023),  $0,74 \text{ gN. L}^{-1}$  para um efluente sintético de laticínio, por AGEEL e LISS (2020),  $0,75 \text{ gN. L}^{-1}$  para águas residuais e ZENATTI et. al. (2009),  $0,81 \text{ gN. L}^{-1}$  para efluente de abatedouro de tilápia.

### Simulação do sistema RAS

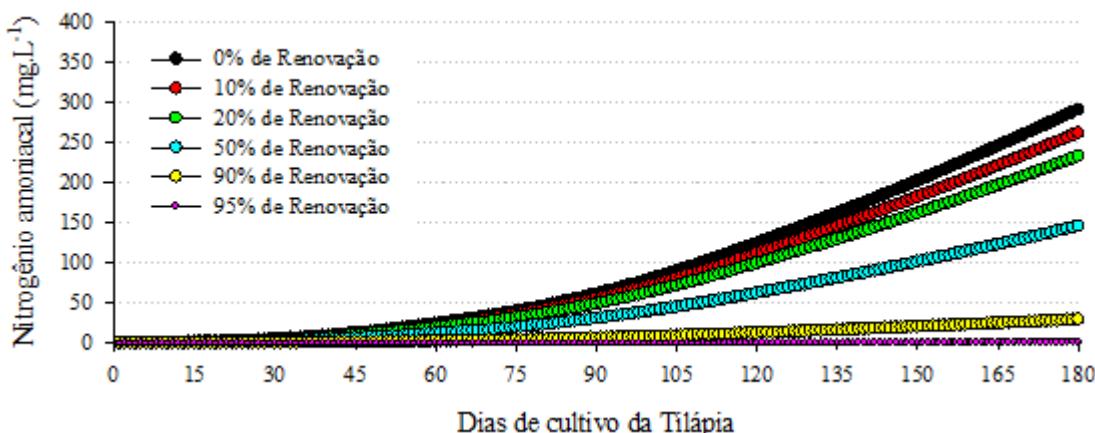
Com base nos dados obtidos no ensaio em batelada, iniciou-se o processo de modelagem da qualidade da água para os dias anteriores e subsequentes até o final do processo. A simulação indicou que a carga de nitrogênio tenderia a aumentar rapidamente, evidenciando a importância de estudos como este para subsidiar decisões antecipadas e evitar uma possível mortalidade repentina de indivíduos.

Na figura 1 é apresentado a variação de nitrogênio amoniacal excretados durante todo o período do ciclo de produção de tilápia.



**Figura 1.** Taxa de excreção de nitrogênio amoniacal ao longo do ciclo de produção de 200 tilápias, com peso inicial de 1,5g e final de 700g.

Assim, considerando os dados de excreção de nitrogênio, iniciou-se a projeção dos cenários. No primeiro gráfico (figura 2), é apresentada a taxa de renovação hídrica do sistema RAS sem a utilização de processos de remoção de nitrogênio, como o MBBR. Desse modo, foi estimada a taxa de renovação necessária para manter os níveis de nitrogênio amoniacal seguros. Assim, observa-se que para que essa estratégia de renovação de água seja eficaz, nas condições aqui estudadas, são necessárias renovações diárias superiores a 95%. Com essa taxa, ao final do ciclo, a concentração nitrogênio amoniacal chegará próximo a  $2 \text{ mg. L}^{-1}$ , valor satisfatório para a criação de tilápia. Em contraste, taxas de renovação inferiores a 95% resultarão em acúmulo de nitrogênio amoniacal em níveis inadequados para o desempenho dos peixes.



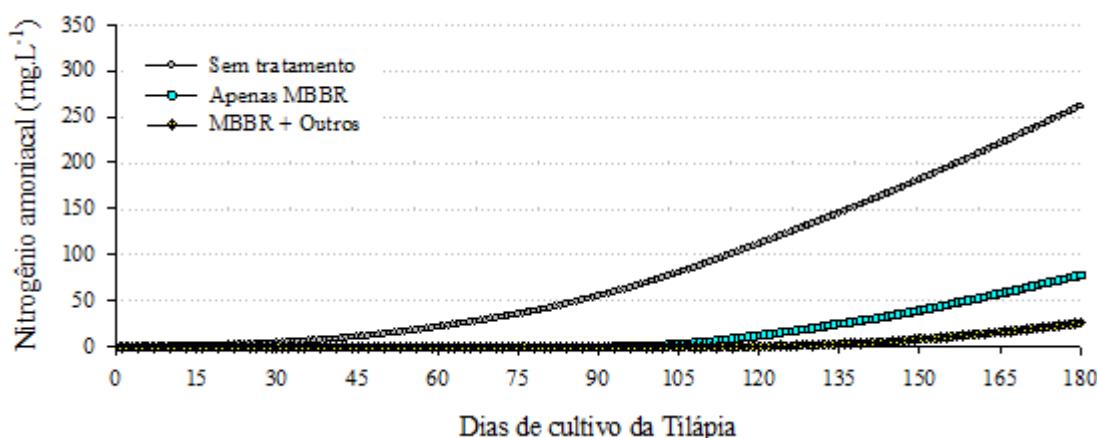
**Figura 2.** Simulação da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do ciclo de produção de 200 tilápias, com peso inicial de 1,5g e final de 700g.

Entretanto, esse cenário não se aplicaria às propriedades avaliadas, considerando que a tecnologia utilizada é o sistema de recirculação aquícola (RAS), cuja principal vantagem é o baixo consumo de água. Nesse sentido, não seria viável adotar taxas elevadas de renovação hídrica, sendo mais apropriadas taxas entre 3% e 10% ao dia.

Adicionalmente, os ensaios de nitrificação evidenciaram que as bactérias aderidas às biomídias não são as únicas responsáveis pelo consumo de nitrogênio amoniacal. Outros fatores também desempenham um papel relevante nesse processo, como a presença de bactérias nitrificantes livres na fase líquida (suspensa) e a atividade microbiana nos biofilmes que se

formam em outras superfícies do sistema, como tubulações e paredes dos tanques. A partir das simulações, foi possível estimar que o sistema MBBR é responsável por aproximadamente 73% da nitrificação total, enquanto os demais fatores contribuem com os 27% restantes.

Ademais, a figura 3 apresenta uma simulação da concentração de nitrogênio amoniacal em três cenários distintos: (a) ausência de qualquer processo de nitrificação; (b) nitrificação realizada exclusivamente pelo MBBR; e (c) nitrificação combinada entre o MBBR e os demais mecanismos adicionais, reforçando a importância da aplicação de processos de tratamento dos efluentes gerados no sistema de aquicultura RAS.

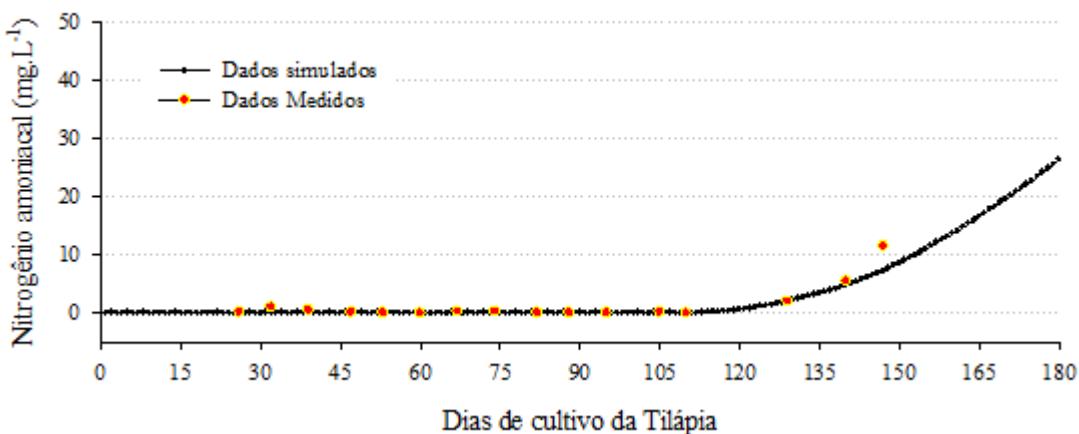


**Figura 3.** Simulação da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do ciclo de produção de 200 tilápias, com peso inicial de 1,5g e final de 700g em três cenários, sem tratamento, apenas nitrificação pelas biomídia e o terceiro pelas biomídia e demais fontes de consumo de nitrogênio.

Posteriormente a construção das estimativas, foi realizada uma coleta de efluentes do sistema A para análise do nitrogênio amoniacal e assim, verificar a acurácia do modelo desenvolvido. Desse modo, para o período avaliado pela modelo, estimou-se uma concentração de nitrogênio amoniacal entre 7,5 e 8,5 mg. L<sup>-1</sup> e, após análises laboratoriais, verificou-se que a concentração de nitrogênio amoniacal era de 11,5 mg. L<sup>-1</sup>, demonstrando que, embora houvesse uma subestimativa, o modelo apresentou boa capacidade de previsão do comportamento do sistema.

Essa variação pode ser atribuída ao volume de ração fornecida nessa fase, que é 2,4kg ao dia, gerando um teor de nitrogênio acrescido em 47,99g, contribuindo diretamente para o aumento da concentração de nitrogênio amoniacal.

Na figura 4, apresenta-se uma comparação entre a estiva da concentração de nitrogênio amoniacal prevista e a medida realizada laboratorialmente.



**Figura 4.** Simulação da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo do ciclo de produção de 200 tilápias, com peso inicial de 1,5g e final de 700g com dados medidos (em círculos vermelho) e dados simulados (traço preto)

Com base nos resultados obtidos a partir do modelo preditivo, evidenciou-se que a sanidade do sistema está chegando a valores críticos na produção de tilápias. Diante desse cenário, optou-se por reduzir a densidade de estocagem dos animais de 200 indivíduos para 150 indivíduos, permitindo que o sistema suporte o final do ciclo (700g), sem comprometer a qualidade da água.

Portanto, conforme o autor Altieri (2009), o fortalecimento da agricultura familiar requer soluções que aliem eficiência técnica e respeito à base ecológica e social dos sistemas produtivos e assim, tecnologias como o RAS permitem redução do consumo de água em até 90% em comparação com sistemas tradicionais de criação de peixes, tornando-os altamente compatíveis com áreas rurais de recursos limitados (Martins et al., 2010).

## Conclusões

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a utilização de sistemas de recirculação aquícola (RAS) com biofiltração por biomídia é uma alternativa viável e promissora para a criação intensiva de tilápias em contextos de agricultura familiar. A simulação do sistema possibilitou estimar diferentes cenários de acúmulo de nitrogênio amoniacal, evidenciando a importância de processos biológicos de tratamento, sobretudo o MBBR, responsável por cerca de 73% da nitrificação total. A partir da estimativa e posterior análise da concentração de nitrogênio amoniacal foi possível realizar ajustes na densidade de peixes, contribuindo para manter a concentração de amônio em níveis seguros, reforçando a relevância do uso de modelos preditivos no apoio à tomada de decisão. Ademais, os achados deste estudo demonstram o potencial do RAS como ferramenta estratégica para a sustentabilidade da aquicultura e para o fortalecimento da agricultura familiar que passa pela integração de tecnologias eficientes, adaptadas à escala local, com foco na resiliência produtiva e na segurança alimentar.

## Agradecimentos

A Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR) e a Fundação Rondônia de Amparo ao desenvolvimento das Ações Científicas e Tecnológicas e à Pesquisa do Estado de Rondônia (FAPERO).

## Referências

- AGEEL, Hussain; LISS, Steven. Autotrophic Fixed-Film Systems Treating High Strength Ammonia Wastewater. **Front Microbiol**, v. 11, 2020.
- ALTIERI, Miguel A. *Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável*. 5. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- ALVES, Lucas da Silva *et. al.* Desempenho agronômico de alface cultivada em sistema aquapônico sob diferentes densidades de estocagem de tilápia. **Científica**, Dracena, SP, v. 52, 2024.
- ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.** *Usos da água*. Brasília: 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/usos-da-agua>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- AZEVEDO, Stefany Beatriz Bezerra. **Sistema de recirculação como alternativa para o semiárido**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.
- CANDIDO, Caio Felipe *et. al.* Piscicultura em sistema de recirculação aquícola - RAS, na agricultura familiar. **Repositório institucional do conhecimento - RIC - CPS**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/11289>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- EMATER – Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia.** *Agricultura familiar também sente efeitos da seca que afeta a produtividade*. Porto Velho: 2023. Disponível em: <https://rondonia.ro.gov.br/agricultura-familiar-tambem-sente-efeitos-da-seca-que-afeta-a-produtividade/>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária). **Biometria de peixes**. 2014. Disponível em: [20140909 - Folder Biometria de Peixes TR\\_Curvas](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131107). Acesso em: 04 ago. 2025.
- ENDE, Stephan; HENJES, Joachim; SPILLER, Marc; ELSHOBARY, Mostafa; HANELT, Dieter; ABOMOHRA, Abdelfatah. *Recent advances in recirculating aquaculture systems and role of microalgae to close system loop*. **Bioresource Technology**, v. 407, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2024.131107>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- GUILHERME, Luiz Carlos; SOBREIRA, Robério dos Santos; OLIVEIRA, Valdemir Queiroz. Sisteminha Embrapa - UFU - FAPEMIG - Sistema integrado de produção de alimentos. Teresina, PI: **Embrapa Meio - Norte**, 2019. 63p.
- MARTINS, C. I. M. *et. al.* New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: a perspective on environmental sustainability. **Aquacultural Engineering**, v. 43, n. 3, p. 83–93, 2010.
- OWATARI, Marco Shizuo *et. al.* Sistema de recirculação e reuso de água na aquicultura: uma ferramenta para a sustentabilidade. Piracanjuba, GO: **Editora Conhecimento Livre**, 2023. pg. 65-90.
- PEIXEBR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA.** *Anuário Peixe BR da Piscicultura 2025*. São Paulo: Peixe BR, 2025. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2025/>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- QUEIROZ, Julio Ferraz de; FREATO, Tiago Archangelo; LUIZ, Alfredo José Barreto; ISHIKAWA, Márcia Mayumi; FRIGHETTO, Rosa Toyoko Shiraishi. *Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia*. Jaguariúna, SP: **Embrapa Meio Ambiente**, 2017. 29 p.
- RAFIEE, G. R. *et. al.* Estimation of ammonia excretion rates during a period of red tilapia, *Oreochromis* sp. culture, considering biomass increase in a water recirculating system. **Iranian Journal of fisheries sciences**, Tehran, v. 6, n. 1. p. 69-82, 2006.
- RUSTEN *et. al.* Design and operations of the Kaldnes moving bed biofilm reactors. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 34, pg. 322-331, 2006.



**64º Congresso Brasileiro de Química**  
**04 a 07 de novembro de 2025**  
**Belo Horizonte - MG**

SILVA *et. al.* Custos de implantação de tanques de recirculação de água para aquicultura. **International journal of scientific management and tourism**, Curitiba, v. 10, n. 3, pg. 01-14, 2024.

SOUZA, Lindolaine Machado. **Avaliação das taxas de nitrificação e desnitrificação em sistema anóxico e aeróbio de leito móvel utilizando efluente de laticínio**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2023.

SPRADLIN, Amanda; SAHA, Subharajit. Saline aquaponics: A review of challenges, opportunities, components, and system design. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 555, 2022.

ZENATTI *Et. al.*, Nitrificação de efluente de abatedouro de tilápia em função da aeração e tempo de reação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v1. 13, n. 6, pg. 750-754, 2009.

ZOPPAS, Fernanda Miranda; BERNARDES, Andrea Moura; MENEGUZZI, Álvaro. Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 21, n. 1, pg. 29-42, 2016.