

Plano de Trabalho 03 (Discente)

Título do Plano de Trabalho: **Análise de qualidade da água em sistema de circulação RAS no cultivo de Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**

Coordenador: Carlos Antônio Zarzar (carlos.zarzar@ufopa.edu.br)

Data de realização do projeto: 2026.1 até 2027.1

Resumo

A qualidade da água é um fator determinante para o sucesso da aquicultura intensiva, influenciando diretamente o crescimento, saúde, bem-estar e sobrevivência dos organismos cultivados. Em sistemas de recirculação (RAS), o monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos é essencial para garantir condições ambientais adequadas e evitar o acúmulo de compostos tóxicos. A pesquisa tem como objetivo monitorar e analisar os parâmetros de qualidade da água em sistema RAS durante o cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em seis diferentes densidades de estocagem (50, 100, 200, 300, 400 e 500 peixes/caixa), ao longo de 120 dias. Serão realizadas análises semanais de amônia total ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), pH, dureza carbonatada (KH) e temperatura. Os dados permitirão avaliar a eficiência do sistema de biofiltração, verificar se as diferentes densidades de estocagem influenciam a qualidade da água, e identificar a necessidade de intervenções corretivas. Espera-se estabelecer padrões de monitoramento que garantam condições ótimas para o cultivo de tambaqui em RAS, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência produtiva de sistemas intensivos.

Palavra-chave: Biofiltração; Compostos nitrogenados; Limnologia; Parâmetros físico-químicos; Sistema de recirculação.

Introdução / Justificativa

A qualidade da água é reconhecida como um dos fatores mais críticos para o sucesso da aquicultura, afetando diretamente o metabolismo, comportamento, crescimento, resposta imunológica e sobrevivência dos peixes (Boyd e Tucker, 2014; Timmons e Ebeling, 2013). Em sistemas de recirculação (RAS), onde a água é continuamente reutilizada através de processos de filtragem e tratamento, o controle rigoroso dos parâmetros físico-químicos torna-se ainda mais essencial devido ao potencial acúmulo de metabólitos tóxicos (Martins et al., 2010; Badiola et al., 2012).

Os principais parâmetros de qualidade da água que afetam o cultivo de peixes em RAS incluem: oxigênio dissolvido, temperatura, pH, amônia, nitrito, nitrato, alcalinidade e dureza (Summerfelt e Vinci, 2008). Entre estes, os compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) merecem atenção especial, pois resultam do metabolismo proteico e da decomposição de matéria orgânica, podendo atingir concentrações letais em sistemas mal manejados (Hargreaves e Tucker, 2004).

A amônia total ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$) é excretada pelos peixes através das brânquias e é altamente tóxica, especialmente na forma não ionizada (NH_3), causando danos ao tecido branquial, redução do crescimento, imunossupressão e mortalidade (Ip et al., 2001). Em sistemas RAS, bactérias nitrificantes do gênero *Nitrosomonas* convertem amônia em nitrito

(NO_2^-), que também é tóxico aos peixes por interferir no transporte de oxigênio no sangue (Jensen, 2003). Posteriormente, bactérias do gênero *Nitrobacter* oxidam nitrito em nitrato (NO_3^-), forma menos tóxica que pode acumular em sistemas de recirculação (Davidson et al., 2011).

Para o tambaqui (*Colossoma macropomum*), espécie tolerante a variações ambientais típicas de ambientes amazônicos, existem informações limitadas sobre suas respostas fisiológicas a diferentes concentrações de compostos nitrogenados em sistemas RAS (Aride et al., 2007; Chellappa et al., 1995). Estudos recentes sugerem que a densidade de estocagem pode influenciar significativamente a dinâmica dos parâmetros de qualidade da água, com densidades elevadas resultando em maior produção de metabólitos e demanda do sistema de biofiltração (Ananias et al., 2023; Petillo et al., 2025).

A realização deste estudo justifica-se pela necessidade de estabelecer protocolos de monitoramento da qualidade da água em sistemas RAS para cultivo de tambaqui, avaliar a eficiência do sistema de biofiltração sob diferentes cargas orgânicas (densidades de estocagem), e garantir condições ambientais que maximizem o desempenho zootécnico sem comprometer o bem-estar animal

Objetivos

Objetivo Geral

Monitorar e analisar os parâmetros de qualidade da água em sistema de recirculação (RAS) durante o cultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum*) em diferentes densidades de estocagem.

Objetivos Específicos

1. Quantificar semanalmente as concentrações de amônia total, nitrito e nitrato no sistema RAS experimental;
2. Monitorar pH, temperatura e dureza carbonatada (KH) ao longo do período experimental;
3. Avaliar a influência da densidade de estocagem sobre os parâmetros de qualidade da água;
4. Verificar a eficiência do sistema de biofiltração na remoção de compostos nitrogenados;
5. Identificar correlações entre parâmetros de qualidade da água e desempenho zootécnico dos peixes;
6. Estabelecer padrões e limites de intervenção para manejo da qualidade da água em cultivo de tambaqui em RAS.

Metodologia

Sistema experimental

O experimento será conduzido em sistema RAS composto por seis caixas de cultivo de 500 litros, integradas a um sump com sistema de filtragem mecânica (manta acrílica), biológica (65 L de biobolas para colonização de bactérias nitrificantes) e polimento final. As densidades de estocagem testadas serão: 50, 100, 200, 300, 400 e 500 peixes/caixa.

Parâmetros monitorados e frequência

Análises semanais (todas as terças-feiras) dos seguintes parâmetros:

1. Amônia Total ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$, mg L^{-1})

- Método: Kit colorimétrico comercial (método do salicilato)
- Faixa de leitura: 0-8 mg L^{-1}
- Coleta: amostras de água de cada caixa de cultivo e do sump

2. Nitrito (NO_2^- , mg L^{-1})

- Método: Kit colorimétrico comercial (método da diazotização)
- Faixa de leitura: 0-5 mg L^{-1}
- Coleta: amostras de água de cada caixa e do sump

3. Nitrato (NO_3^- , mg L^{-1})

- Método: Kit colorimétrico comercial (método de redução do cádmio)
- Faixa de leitura: 0-200 mg L^{-1}
- Coleta: amostras de água de cada caixa e do sump

4. Potencial hidrogeniônico (pH)

- Método: pHmetro digital calibrado
- Coleta: leitura direta em cada caixa

5. Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

- Método: Termômetro digital de precisão ($0,1^{\circ}\text{C}$)
- Coleta: leitura direta em cada caixa

6. Dureza carbonatada - KH ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$)

- Método: Titulação com ácido sulfúrico usando kit específico
- Coleta: amostras de água do sistema

Procedimentos de coleta e análise

- Todas as análises serão realizadas no mesmo dia da coleta para garantir acurácia
- Amostras de água (50-100 mL) serão coletadas a meia-água em cada caixa
- Equipamentos serão calibrados semanalmente conforme recomendações dos fabricantes

- Padrões e controles serão utilizados para validação das análises
- Dados serão registrados em planilhas padronizadas

Intervenções corretivas

Correções dos parâmetros serão realizadas às quintas-feiras quando necessário:

- **Amônia/Nitrito elevados:** Troca parcial de água (10-20%) e verificação do sistema de biofiltração
- **pH baixo:** Adição de bicarbonato de cálcio para elevação e estabilização
- **Alcalinidade baixa:** Correção com bicarbonato de cálcio
- **Nitrato muito elevado ($>100 \text{ mg L}^{-1}$):** Troca parcial de água

Cálculo da eficiência de biofiltração

A eficiência do biofiltro será calculada através da taxa de remoção de amônia (TRA):

$$\text{TRA (\%)} = [(\text{NH}_3 \text{ entrada} - \text{NH}_3 \text{ saída}) / \text{NH}_3 \text{ entrada}] \times 100$$

Análise de dados

Análise descritiva:

- Média, desvio padrão, valores mínimos e máximos para cada parâmetro
- Gráficos de séries temporais para visualização das tendências

Análise estatística:

- ANOVA para comparação dos parâmetros entre densidades
- Teste de Tukey para comparação de médias ($p < 0,05$)
- Análise de correlação de Pearson entre parâmetros de qualidade da água e índices zootécnicos
- Análise de regressão múltipla para identificar relações entre densidade, qualidade da água e crescimento

Comparação com valores de referência: Os valores obtidos serão comparados com limites recomendados para cultivo de peixes tropicais:

- Amônia total: $< 1,0 \text{ mg L}^{-1}$
- Nitrito: $< 0,5 \text{ mg L}^{-1}$
- Nitrato: $< 100 \text{ mg L}^{-1}$
- pH: 6,0-8,0
- Temperatura: 26-30°C
- KH: 40-120 $\text{mg L}^{-1} \text{ CaCO}_3$

Software utilizado

Análises estatísticas serão realizadas em software R (R Core Team, 2024). Gráficos serão elaborados em software de visualização de dados (R ggplot2, GraphPad Prism ou Excel).

Habilidades Adquiridas

Ao longo das atividades propostas, o discente terá desenvolvido um conjunto abrangente de habilidades técnicas, conceituais, analíticas e profissionais voltadas à aquicultura e ao monitoramento da qualidade da água. No campo das habilidades técnicas laboratoriais, será capaz de aplicar técnicas de análise de qualidade da água, utilizar kits colorimétricos para análises químicas, calibrar e manusear equipamentos como pHmetro, termômetro e espectrofotômetro, realizar coleta adequada de amostras, executar técnicas de titulação e análise volumétrica, além de seguir procedimentos de controle de qualidade analítica.

No que se refere aos conhecimentos em limnologia e química, o discente compreenderá o ciclo do nitrogênio em sistemas aquáticos, os processos de biofiltração e nitrificação, bem como os princípios de equilíbrio químico relacionados a pH, alcalinidade e dureza da água. Também desenvolverá entendimento sobre a toxicologia de compostos nitrogenados em peixes e a dinâmica dos parâmetros físico-químicos em sistemas de recirculação (RAS).

No âmbito das habilidades de gestão e manejo, será capaz de aplicar protocolos de monitoramento ambiental, interpretar resultados analíticos, tomar decisões fundamentadas em dados, implementar ações corretivas quando necessário e elaborar relatórios técnicos sobre a qualidade da água.

Quanto às habilidades estatísticas e analíticas, o estudante aprenderá a organizar e tabular dados ambientais, aplicar análises estatísticas em séries temporais, realizar estudos de correlação e regressão, interpretar a variabilidade temporal e espacial dos parâmetros monitorados e construir representações gráficas para visualização de dados.

Por fim, no desenvolvimento das competências profissionais, o discente terá exercitado o rigor científico e a atenção aos detalhes, o cumprimento de cronogramas e protocolos, o trabalho metódico e sistemático, a capacidade de resolver problemas práticos no contexto da aquicultura e a consciência sobre a importância da qualidade ambiental para o sucesso dos sistemas de produção aquícola.

Referências

BOYD, Claude E.; TUCKER, Craig S. Handbook for aquaculture water quality. Handbook for aquaculture water quality, v. 439, 2014.

TIMMONS, M. B.; EBELING, J. M. Recirculating aquaculture 3rd ed. Ithaca, NY. Ithaca Publishing Company, LLC. [https://doi.org/10, v. 1002, n. 97811, p. 18250](https://doi.org/10.1002, n. 97811, p. 18250), 2013.

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.

BADIOLA, Maddi; MENDIOLA, Diego; BOSTOCK, John. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. Aquacultural Engineering, v. 51, p. 26-35, 2012.

SUMMERFELT, Steven T.; VINCI, Brian J. Better management practices for recirculating aquaculture systems. Environmental best management practices for aquaculture, p. 389-426, 2008.

HARGREAVES, John A.; TUCKER, Craig S. Managing ammonia in fish ponds. Stoneville: Southern Regional Aquaculture Center, 2004.

IP, Y. K.; CHEW, S. F.; RANDALL, D. J. Ammonia toxicity, tolerance, and excretion. Fish physiology, v. 20, p. 109-148, 2001.

JENSEN, Frank B. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, v. 135, n. 1, p. 9-24, 2003.

DAVIDSON, John et al. Abnormal swimming behavior and increased deformities in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* cultured in low exchange water recirculating aquaculture systems. Aquacultural engineering, v. 45, n. 3, p. 109-117, 2011.

ARIDE, Paulo Henrique Rocha; ROUBACH, Rodrigo; VAL, Adalberto Luis. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. Aquaculture Research, v. 38, n. 6, p. 588-594, 2007.

CHELLAPPA, S. et al. Condition factor and hepatosomatic index as estimates of energy status in male three-spined stickleback. Journal of fish biology, v. 47, n. 5, p. 775-787, 1995.

ANANIAS, Imaculada de Moraes Carvalho et al. Tambaqui production at different stocking densities in RAS: Growth and physiology. Fishes, v. 9, n. 1, p. 19, 2023.

PETILLO, Emilly Cordeiro et al. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) in RAS Technology: Zootechnical, Hematological, Biochemical and Kn Profiles at Different Stocking Densities During the Initial Grow-Out Phase. Aquaculture Journal, v. 5, n. 1, p. 1, 2025.

R Core Team. (2024). R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>

Cronograma de Atividades

Atividades	Mês											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisão bibliográfica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Aquisição de materiais	X	X										
Montagem do sistema RAS	X	X										
Coleta semanal de amostras		X	X	X	X	X						
Análises de qualidade da água		X	X	X	X	X						
Registro e tabulação de dados		X	X	X	X	X						
Intervenções corretivas		X	X	X	X	X						
Relatório parcial						X						

Organização do banco de dados	X	X				
Análises estatísticas			X	X		
Análise de correlações				X		
Preparação de resumo para congresso		X				
Participação em congresso			X	X		
Redação do relatório final					X	
Entrega do relatório final						X