

# PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL: USO DE EFLUENTES DE PISCICULTURA EM HORTA ESCOLAR

Daniely Mendes da Costa Felfili<sup>1</sup>

Aldecy de Almeida Santos<sup>2</sup>

Rafael Pedrollo de Paes<sup>3</sup>

Douglas Marcelo Pinheiro da Silva<sup>4</sup>

Eleonora Almeida de Andrade<sup>5</sup>

Lucas Michelotti Baldini<sup>6</sup>

**Resumo:** Esta pesquisa teve como objetivo utilizar o reúso de efluentes da piscicultura em horta escolar, com a finalidade de fortalecer a educação ambiental prática. A metodologia consistiu nas seguintes etapas: i) construção de uma horta com tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); ii) análises da água de abastecimento sem cloro, do efluente tratado na piscicultura e das diferentes diluições utilizadas; e para avaliar a experiência dos alunos no projeto, foram empregados observações, diálogos de satisfação e registros das atividades realizadas. As diluições de 50% e 100% demonstraram os melhores resultados no crescimento vegetal e na produção de frutos. Os alunos aprendem sobre ciência, piscicultura e reúso estimulando o interesse pela pesquisa e preservação ambiental.

**Palavras-chave:** Agroecologia; Recursos hídricos e Reúso.

**Abstract:** This research aimed to use the reuse of fish farming effluents in school gardens, with the purpose of strengthening practical environmental education. The

---

<sup>1</sup>Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: danielyfelfili@gmail.com, Link para o Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3286093120906238>

<sup>2</sup> Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: aldecy\_allmeida@yahoo.com.br. Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3224921282419849>

<sup>3</sup> Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: rafaeldepaes@gmail.com. Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7463478628267527>

<sup>4</sup> Universidade Federal do Amazonas. E-mail: douglas.silva@ufam.edu.br Link para o Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6219916883682579>

<sup>5</sup> Escola Estadual Dr. Hélio Palma de Arruda. E-mail: eleonora.andrade@edu.mt.gov.br. Link para o Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9361712638290432>

<sup>6</sup> Universidade Federal de Mato Grosso. E-mail: Michelotti.lucas@gmail.com. Link para o Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1594865852322899>

methodology consisted of the following steps: i) construction of a tomato garden (*Solanum lycopersicum* L.); ii) analysis of the chlorine-free water supply, the treated effluent from the fish farm and the different dilutions used; and to evaluate the students' experience in the project, observations, satisfaction dialogues and records of the activities carried out were used. The 50% and 100% dilutions demonstrated the best results in plant growth and fruit production. Students learn about science, fish farming and reuse, stimulating interest in research and environmental preservation.

**Keywords:** Agroecology; Water resources and Reuse.

## Introdução

No Brasil, um dos países com maior produção aquícola, a piscicultura gera grandes volumes de água residuária rica em nutrientes quando destinado de forma inadequado geram impactos ambientais e risco à saúde pública (Santos; Oliveira, 2024; Silva *et al.*, 2023).

Essa água residuária pode ser reutilizada em sistemas de cultivo agrícola, desde sistemas pequenos como uma horta escolar até sistemas de produção maiores, que demandam cada vez mais recursos hídricos e nutrientes. Assim, o reúso promove uma economia circular de forma sustentável (Gadotti, 2008).

O cultivo de hortaliças em ambientes escolares apresenta benefícios significativos. Além de promover a educação ambiental entre os estudantes, essas hortas podem reduzir os gastos com merenda escolar e otimizar o uso dos recursos naturais, servindo como uma ferramenta para demonstrar os conceitos de sustentabilidade e reciclagem de nutrientes (Oliveira *et al.*, 2018).

Dessa forma, a reutilização da água residuária da piscicultura no cultivo de tomates em hortas escolares pode não apenas melhorar a produtividade das plantas, mas também proporcionar uma prática educativa para crianças e adolescentes (Santos, 2020).

Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar o potencial do uso de água residuária da piscicultura no cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) em horta escolar, destacando tanto os benefícios agrônômicos quanto as oportunidades educacionais que essa prática ofereceu a comunidade acadêmica.

## Metodologia

### Área de estudo

O experimento foi conduzido em uma Escola Estadual, situada no município de Cuiabá. O clima da região, de acordo com classificação de Köppen, é do tipo Aw, classificado como Tropical semi-úmido, com quatro a cinco meses secos (maio a setembro) e máximas diárias de temperatura que oscilam entre 30°C e

36°C, apresentando duas estações bem definidas, uma seca (outono-inverno) e uma chuvosa (primavera-verão) (Vasconcelos, 2016).

## Experimento da piscicultura

O experimento foi instalado em um reservatório de 1000 L que funcionou como tanque de piscicultura. No sistema foram ligados: uma bomba (Modelo: AC12000, Ocean Tech e 12000 l/h) para recirculação do efluente; e um aerador de oxigênio (Modelo Compressor Cubos Air 60 Litros Minutos) que eram constantemente monitorados.

No reservatório foram colocados 15 alevinos de tambaqui (*Colossoma macropomum*), os peixes eram alimentados diariamente com ração. A ração foi essencial para o crescimento saudável dos alevinos, fornecendo os nutrientes necessários, como: proteínas, lipídios, carboidratos, vitaminas e minerais. Uma alimentação equilibrada fortalece o sistema imunológico, favorece o desenvolvimento nervoso e contribui para a reprodução (Silva; Santos, 2019).

A espécie é nativa da Bacia Amazônica e apresenta um bom desempenho de reprodução em cativeiros nas regiões Nordeste e Norte do Brasil. Conhecida principalmente na região Amazônica, é um animal onívoro, que consome e metaboliza alimentos de origem animal e vegetal, podendo ser criado em sistemas distintos de produção e ambiente, como: canais de irrigação, tanques- rede em várzeas inundáveis e remanso de rios e barragens (Rodrigues, 2015). Foram realizadas análises da água de abastecimento e do efluente da piscicultura, conforme os parâmetros descritos na Tabela 1.

**Tabela 1:** Metodologia das análises físicas, químicas e microbiológicas

| <b>ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS</b> |                |                    |
|------------------------------------|----------------|--------------------|
| <b>PARÂMETRO</b>                   | <b>UNIDADE</b> | <b>REFERÊNCIA</b>  |
| Temperatura                        | °C             | SMEWW 2550 B       |
| pH                                 | -              | SMEWW 4500 H + B   |
| Cor                                | mg.Pt Co/L-1   | SMEWW 2120 B       |
| Turbidez                           | NTU            | SMEWW 2130 B       |
| Oxigênio Dissolvido                | mg/ L          | SMEWW 4500 O G     |
| Nitrogênio Total                   | mg/ L          | 4500NH3 D          |
| Nitrogênio Amoniacal               | mg/ L          | 4500NH3 D          |
| Fósforo Total                      | mg/ L          | SMEWW 4500-P B e E |
| <b>ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS</b>    |                |                    |
| <b>PARÂMETRO</b>                   | <b>UNIDADE</b> | <b>REFERÊNCIA</b>  |
| Coliforme Total                    | NMP/100 mL     | SMEWW 9223 B       |
| <i>E. coli</i>                     | NMP/100 mL     | SMEWW 9223 B       |

**Fonte:** Autores.

O experimento foi conduzido em dois canteiros, cada um medindo 6m x 2m. Foram transplantadas 24 mudas de tomate, distribuídas em 12 mudas por

canteiro. Os canteiros foram irrigados diariamente, com a água de abastecimento e água retirada do tanque de piscicultura, em diferentes diluições.

O cultivo do tomateiro foi escolhido pela demanda de consumo, sendo um dos produtos hortícolas mais consumidos, seja na forma in natura, tomate de mesa, quanto processado, podendo ser rasteiro ou tomate industrial (Madeira et al., 2019). E também, por fazer parte do cardápio das crianças na unidade de ensino Dr. Hélio Palma de Arruda. O tomate se destaca como uma fonte rica em vitaminas, minerais e antioxidantes, especialmente o licopeno, que tem chamado a atenção por seus potenciais benefícios à saúde, segundo Melendez et al. (2004), a aparência do fruto influencia diretamente a escolha do consumidor, sendo um dos principais critérios de compra nos pontos de venda. A coloração vermelha intensa é associada à maturidade e à alta concentração de licopeno.

Uma vez por semana, ao longo de um período de três meses, foram realizadas análises do efluente da piscicultura e da água de abastecimento. Os canteiros foram irrigados diariamente, com a água de abastecimento e água retirada do tanque de piscicultura, nas diluições descritas anteriormente. Adotou-se o método de irrigação na raiz da planta, devido à sua capacidade de proporcionar um controle mais preciso durante a aplicação da água, minimizando o contato direto com as plantas, conforme a Figura 1.



**Figura 1:** Cultivo do tomate.

**Fonte:** Autores.

Quinzenalmente, durante 3 meses, foram adotados como indicadores para o crescimento das mudas quanto ao número de folhas, altura da planta, número de flores e frutos. No entanto, o comprimento da raiz foi avaliado somente no fim do experimento, quando todas as plantas foram arrancadas (Madeira *et al.*, 2019). Cinquenta e sete dias após o plantio das mudas, o experimento foi encerrado e foram observados além dos indicadores monitorados o: número médio de folhas (NMF), altura média da planta (AMP), número médio de flores (NMF), número médio de frutos (NMFR), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca da

raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST).

A determinação da MFPA e MFR envolveu a separação da parte aérea das raízes, seguida da pesagem de ambas separadamente. Para a avaliação da MSR, as raízes das plantas foram separadas do solo e lavadas com água corrente. Tanto a parte aérea quanto as raízes foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas em estufa com ventilação forçada de ar a 60°C por 72 horas (Melo *et al.*, 2013), até a desidratação completa dos materiais vegetais e a obtenção de peso constante. A MST foi obtida pela soma da MSPA e da MSR.

### **Educação ambiental**

As ações de Educação Ambiental contaram com o apoio essencial da gestão escolar, da coordenação pedagógica, do corpo docente e dos demais funcionários. As atividades desenvolveram-se ao longo de três meses, durante o ano de 2022, respeitando a disponibilidade das turmas conforme o calendário letivo. As intervenções pedagógicas foram organizadas em momentos teóricos e práticos.

As atividades teóricas ocorreram em sala de aula, por meio de apresentações orais expositivas com o auxílio de recursos audiovisuais, como o data show. Já as atividades práticas foram realizadas na horta da escola, espaço onde os alunos puderam observar e interagir diretamente com o sistema integrado de piscicultura e cultivo, aplicando na prática os conceitos previamente discutidos nas aulas teóricas.

No âmbito teórico, os temas abordados incluíram “A importância das análises físico-químicas” e “Meio Ambiente”, proporcionando uma base conceitual sólida para a compreensão dos processos naturais. As práticas pedagógicas centraram-se no acompanhamento do ciclo de desenvolvimento do tomate, desde o plantio das mudas até a colheita, articulando-se também com o manejo do sistema de piscicultura. Esse processo favoreceu a internalização dos conteúdos, ao permitir que os estudantes vivenciassem, de forma concreta, os fenômenos estudados.

As ações pedagógicas, concebidas de forma didática e intuitiva, estimularam o envolvimento ativo dos alunos, promovendo a interação, o questionamento e a curiosidade em relação aos temas propostos. As discussões fomentadas ao longo das atividades ampliaram a compreensão sobre os recursos naturais e os fatores bióticos, sob uma perspectiva ecológica e integradora de ensino.

O projeto contou com 3 estagiários que eram estudantes do 8º ano da escola. Durante a realização do projeto eles foram responsáveis por alimentar os

peixes e auxiliaram na preparação do experimento com o plantio das mudas nos canteiros e montagem do tanque de piscicultura, no monitoramento com as análises das águas e irrigação dos canteiros até a conclusão do experimento com a escrita do relatório final. Ocorreu a participação dos docentes de diferentes disciplinas, como ciências, matemática, biologia. Após o ciclo de palestras, deu-se início às atividades práticas na horta, desenvolvidas com a participação dos integrantes do projeto, como o preparo do solo e plantio das mudas de tomate. E durante o preparo da horta, os alunos tiveram a oportunidade de fortalecer sua conexão com o meio ambiente.

## Resultado e discussão

### Monitoramento da água de abastecimento

Observando a Tabela 2 é possível verificar que os valores de pH, cor, turbidez, amônia e oxigênio dissolvido estão dentro das normas estabelecidas pela Portaria de Potabilidade 888/2021 (MS).

**Tabela 2:** Resultados obtidos nas análises das amostras de água de abastecimento.

| VARIÁVEIS           | *N | MÉDIA | MÍN. | MÁX. | **D.P. | ***V.M.P.<br>PORTARIA<br>888/21(MS) |
|---------------------|----|-------|------|------|--------|-------------------------------------|
| pH                  | 5  | -     | 6,98 | 7,27 | 0,12   | 6,0 - 9,0                           |
| Temp. Ar            | 5  | 29,18 | 18,5 | 34   | 6,75   | -                                   |
| Temp. Água          | 5  | 24,86 | 21   | 28,5 | 2,94   | -                                   |
| Cor                 | 5  | 1,77  | 1,65 | 1,87 | 0,08   | 15 uC                               |
| Turbidez            | 5  | 0,92  | 0,8  | 1,11 | 0,12   | 5,0 UT                              |
| Alcalinidade        | 5  | 16,60 | 14   | 19   | 2,07   | -                                   |
| Amônia              | 5  | 0,00  | 0    | 0    | 0,00   | ≤ 1,2 mg/L                          |
| Nitrogênio Total    | 5  | 0,00  | 0    | 0    | 0,00   | -                                   |
| Fósforo             | 5  | 0,00  | 0    | 0    | 0,00   | -                                   |
| Oxigênio Dissolvido | 5  | 6,00  | 5,7  | 6,2  | 0,19   | ≥ 5,0 mg/L                          |

\*Número de amostras; \*\*Desvio Padrão; \*\* VMP Valor Máximo Permitido pela Portaria nº 888/2021 do Ministério da Saúde.

**Fonte:** Autores.

A temperatura da água pode afetar a sua qualidade, segurança e potabilidade (CETESB, 2017). Os resultados obtidos da temperatura da água ficaram na faixa de 21 a 28,5°C, na Portaria do Ministério da Saúde MS nº 888/2021 não determina limites para temperatura, mas necessita ser monitorada pois influencia a quantidade de oxigênio dissolvido e a troca de gases na água (Nolasco *et al.*, 2020).

A temperatura da água pode influenciar na presença de microrganismos patogênicos na água, uma vez que muitos desses microrganismos têm temperaturas ideais para seu crescimento e sobrevivência (Von Sperling, 2014).

Os resultados de cor foram inferiores ao Valor Máximo Permitido de 15 uH do Ministério da Saúde (2021). A presença de cor na água pode indicar a presença de substâncias orgânicas, como materiais em decomposição, microorganismos e compostos químicos, que podem afetar a qualidade e a segurança do abastecimento de água (Finotti, Finkler e Silva, 2009).

O intervalo de pH para águas de abastecimento está dentro do estabelecido pela Portaria MS Nº 888/2021 entre 6,5 e 9,0, pois este parâmetro minimiza os problemas de incrustação e corrosão das redes de distribuição garantindo a saúde e o bem-estar da população, além de contribuir para a sustentabilidade do sistema de abastecimento de água (Brasil, 2021).

A análise de alcalinidade na água é de extrema importância para garantir a qualidade e a segurança da água consumida. A alcalinidade é a capacidade da água de neutralizar ácidos, o que é essencial para manter o equilíbrio do pH da água (CETESB, 2017).

A falta de alcalinidade na água pode levar a um pH ácido, o que pode ser prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. Por outro lado, um nível excessivo de alcalinidade na água também pode ser prejudicial, causando problemas como a formação de incrustações e a redução da eficácia de produtos químicos utilizados no tratamento da água (Von Sperling, 2014).

Nos resultados os níveis de amônia, nitrogênio total e fósforo não foram detectados pelos métodos de análise utilizados. A análise dessas substâncias nas águas de abastecimento é fundamental para assegurar a saúde da população, proteger o meio ambiente e garantir a qualidade da água que são distribuídas às residências e estabelecimentos (Aguiar *et. al* 2015).

Nos resultados de oxigênio dissolvidos não ocorreu grandes variações nos valores garantindo a qualidade da água fornecida aos consumidores. Variações elevadas nos níveis de OD podem indicar problemas de contaminação ou degradação da água, o que pode afetar a saúde dos consumidores e a eficácia do tratamento da água (Fernandes, Almeida e Alves, 2015). A água utilizada no

reservatório foi aerada antes de ser disposta no reservatório para eliminar a concentração de cloro residual.

### Monitoramento do efluente de piscicultura

A Tabela 3 apresenta as variáveis e seus valores amostrais referentes a análise de água dos efluentes de piscicultura.

**Tabela 3:** Variáveis referentes a análise de água da piscicultura

| VARIÁVEIS           | *N | MÉDIA | MÍN.  | MÁX. | **D.P. | ***V.M.P.<br>RESOLUÇÃO 430/2011<br>CONAMA |
|---------------------|----|-------|-------|------|--------|-------------------------------------------|
| pH                  | 5  | -     | 7,3   | 7,9  | 0,22   | 5,0 - 9,0                                 |
| Temp. Ar            | 5  | 29,18 | 18,5  | 34   | 6,75   | -                                         |
| Temp. Água          | 5  | 28,26 | 20    | 31,4 | 4,70   | < 40°C                                    |
| Cor                 | 5  | 35,40 | 3     | 69   | 26,25  | ≤ 75 uC                                   |
| Turbidez            | 5  | 71,40 | 25    | 118  | 35,96  | ≤ 100 UT                                  |
| Alcalinidade        | 5  | 49,60 | 30    | 72   | 18,53  | -                                         |
| Amônia              | 5  | 2,64  | 1,5   | 3,2  | 0,67   | -                                         |
| Nitrogênio Total    | 5  | 7,97  | 7,46  | 8,3  | 0,31   | -                                         |
| Fósforo             | 5  | 1,53  | 0,006 | 2,8  | 0,14   | ≤ 0,020 mg/L                              |
| Oxigênio Dissolvido | 5  | 6,28  | 6,1   | 6,6  | 0,19   | ≥ 5,0 mg/L                                |

\*Número de amostras; \*\*Desvio Padrão; \*\*\* VMP Valor Máximo Permitido pela Resolução nº 430/2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente.

**Fonte:** Autores.

Os valores obtidos nas amostras encontram-se ideais para a piscicultura sendo que possuem um pH neutro ou ligeiramente alcalino, variando entre 7,0 e 8,0 (Boyd, 1982). Alterações no pH da água de cultivo podem comprometer as brânquias dos peixes, afetando o equilíbrio osmótico e a respiração, além de prejudicar o crescimento e a reprodução, podendo causar mortalidade, especialmente em estágios iniciais. O pH também influencia a toxicidade de poluentes como amônia e metais pesados como alumínio (Kubitza, 1996).

Segundo Pillay e Kutty (2005), a amônia, mesmo na concentração inferior a 0,5 mg/L, é preocupante em ambientes aquícolas, principalmente em sistemas de cultivo intensificado, sistemas fechados (como recirculação e bioflocos) e durante o transporte de animais vivos. Para Sipaúba-Tavares (1994) valores entre 0,6 e 2,0 mg/L para amônia são aceitáveis em sistemas de produção de peixes.

O resíduo orgânico particulado gerado nos sistemas de criação de peixes aumenta a degradação e a liberação de nutrientes dissolvidos. Essa alteração na concentração de nutrientes causa uma mudança na proporção de nitrogênio (N) e fósforo (P) no ambiente, o que tem sido apontado como uma possível causa para o crescimento de algas, que podem ou não produzir toxinas (Li *et al.*, 2020). No efluente da piscicultura os níveis encontrados para nitrogênio total são aceitáveis para a criação, sendo prejudicial acima 11,65 mg/L e podem causar redução no crescimento, no consumo alimentar, comprometimento imunológico (Yanbo *et al.* 2006).

As concentrações de fósforo variaram entre 0,006 e 2,8 mg/L durante o experimento realizado, sendo que apresentou valores acima do permitido em algumas amostras, que de acordo com a resolução do CONAMA, 2011, que estabelece concentrações máximas de 0,02 mgL<sup>-1</sup> para águas destinadas a piscicultura. Embora o fósforo seja geralmente considerado um elemento com baixa toxicidade, é crucial evitar o aumento de suas concentrações no meio aquático. Isso ocorre porque altos níveis de fósforo promovem o enriquecimento de nutrientes na água, o que pode resultar em florações excessivas de algas e macrófitas, levando à degradação da qualidade da água (Li *et al.*, 2020).

O oxigênio dissolvido é considerado umas das variáveis mais importantes para aquicultura, pois o peixe precisa para sua manutenção, locomoção, alimentação e biossíntese (Tran-Duy *et al.*, 2008). Valores acima de 5 mg/L de oxigênio dissolvido apresentam boas condições para criação do tambaqui, com valores que variaram entre 6,1 a 6,60 mg/L. Os valores de temperatura do efluente encontrados neste trabalho estão de acordo para peixes oriundos de regiões tropicais, como o tambaqui que são chamados de peixes de águas quentes. A faixa ótima para o crescimento dos peixes de águas quentes é entre 25 e 32 °C (Kubitza, 1996).

Os resultados de cor foram inferiores ao Valor Máximo Permitido de 75 uH do Conama 430. A análise da cor da água é uma parte essencial na piscicultura, pois a qualidade da água desempenha um papel crucial na saúde e no bem-estar dos peixes. A cor da água é um indicador visual da presença de substâncias dissolvidas, como partículas orgânicas e inorgânicas, que podem afetar negativamente a saúde dos peixes.

Com passar do tempo observou-se o aumento gradual de partículas suspensas na água causada por diversos fatores como resíduos de alimentos, o

acúmulo de sedimentos, resíduos de fezes dos peixes, algas em excesso, entre outros. Isso pode resultar em uma diminuição da visibilidade da água, dificultando a visualização dos peixes e afetando sua alimentação e crescimento (Libânio, 2010). Além disso, a turbidez da água também pode interferir na qualidade do oxigênio dissolvido, uma vez que as partículas em suspensão podem consumir parte desse oxigênio. Os dados obtidos indicam que para a criação do tambaqui a alcalinidade da água está na faixa adequada de 20 a 300 mg/L de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) (Sipaúba-Tavares, 1994). Valores abaixo ou acima dessa faixa podem afetar negativamente o crescimento e a sobrevivência dos peixes.

## Desenvolvimento das mudas

A Tabela 4 apresenta o número médio de folhas (NMF), altura média da planta (AMP), número médio de flores (NMF), número médio de frutos (NMFR), matéria fresca da parte aérea (MFPA), matéria fresca da raiz (MFR), matéria seca da parte aérea (MSPA), matéria seca da raiz (MSR) e matéria seca total (MST). Em função dos tratamentos com irrigação de água proveniente da Companhia de Água e Esgoto de Cuiabá – Águas Cuiabá (T1), irrigação com 25% de água residuária de piscicultura (T2), irrigação com 50% de água residuária de piscicultura (T3), irrigação com 100% de água residuária de piscicultura (T4).

**Tabela 4.** Valores médios de número de folhas, alturas e massa seca.

| TRATAMENTO | NMF   | AMMF<br>(cm) | AMMFO<br>(cm) | MFPA<br>(g) | MFR<br>(g) | MSPA<br>(g) | MSR<br>(g) | MST<br>(g) |
|------------|-------|--------------|---------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| T1         | 41,93 | 69,47        | 16,47         | 3,33        | 274,50     | 14,22       | 198,11     | 6,59       |
| T2         | 40,33 | 78,90        | 17,33         | 5,27        | 375,33     | 19,49       | 258,40     | 9,47       |
| T3         | 53,63 | 88,08        | 17,87         | 6,52        | 462,67     | 21,35       | 323,77     | 7,08       |
| T4         | 54,13 | 88,50        | 23,00         | 7,41        | 506,83     | 22,69       | 352,50     | 11,17      |

**Fonte:** Autores.

O tratamento T1, com água convencional, resulta em um crescimento moderado das plantas, com um menor número de frutos (3,37) e menor matéria seca total comparado aos outros tratamentos. O tratamento T2 mostra uma melhora significativa na altura das plantas e na produção de frutos em comparação com T1. O aumento da altura e da matéria seca total sugere um crescimento mais robusto com a adição de 25% de água residuária.

O tratamento T3, com 50% de água residuária, demonstra o melhor desempenho em termos de número de folhas, altura da planta, número de frutos e matéria seca total. Este tratamento parece ser o mais eficaz para promover o crescimento e a produção de frutos. O tratamento T4, com 100% de água residuária, também mostra um excelente desempenho, comparável ao T3, com o

maior valor de matéria seca total (363,67 g). A altura das plantas e o número de folhas são os mais altos, sugerindo um crescimento vigoroso.

## Educação ambiental

As atividades executadas como as palestras, as etapas de implementação e cuidado com a horta escolar abordaram temas ligados à produção sustentável, à cidadania, à saúde e à segurança alimentar, além de contextualizarem historicamente a agricultura e sua interação com o meio ambiente. Essas ações mostraram, de maneira clara, que o envolvimento na criação e manutenção da horta pode ser compartilhado por toda a comunidade escolar. Além disso, a prática proporcionou uma experiência mais próxima dos alunos com o meio ambiente, o que contribui para a superação de uma relação frequentemente marcada pela dominação e pelo conflito entre seres humanos e a natureza, como discutem Naves e Bernardes (2014).

Para Gadotti (2008), a maneira mais eficaz de abordar a sustentabilidade no ensino fundamental é por meio da vivência direta dos estudantes com a natureza. Sob essa perspectiva, o projeto da horta escolar se destaca como uma oportunidade pedagógica, permitindo que os alunos interajam com a terra no preparo do solo, compreendam os ciclos vegetativos desde a sementeira até a colheita e reconheçam o valor das hortas como instrumentos de aprendizado sobre sustentabilidade, cooperação e respeito ao ambiente, como também enfatizado por Fiorotti *et al.* (2011).

A experiência dos estagiários permitiu a eles despertarem o interesse pela ciência e pela pesquisa científica. Puderam aprender sobre análises químicas e físicas, noções de psicultura e desenvolvimento de plantas. Além disso, se tornaram multiplicadores dessas práticas pois despertava a curiosidade dos outros estudantes que se aproximavam para saber mais. Nestas oportunidades os estagiários explicavam os objetivos do trabalho e as análises que estavam sendo realizadas. Os professores perceberam em sala de aula que os conhecimentos transmitidos pelos estagiários foram absorvidos por outros estudantes. Os estudos realizados por Santos *et al.* (2014) investigaram o papel da horta escolar como ferramenta de estímulo ao processo educativo, de conscientização ambiental e de transformação de hábitos alimentares na Escola Municipal de Ensino Fundamental Tertuliano Pereira de Araújo, localizada em Picuí no estado da Paraíba. O estudo identificou um alto nível de participação tanto dos estudantes quanto dos docentes nas atividades práticas desenvolvidas.

De maneira semelhante, Santos *et al.* (2020) relataram que a implantação da horta na Escola Estadual Thomé de Medeiros Raposo, no município de Coari localizada no estado do Amazonas, favoreceu o espírito de cooperação, o senso de coletividade e uma maior responsabilidade entre os discentes. Segundo Cunha *et al.* (2010), a utilização de alimentos orgânicos cultivados pelos próprios estudantes em ambiente escolar pode desencadear novas perspectivas

pedagógicas, envolvendo não apenas os discentes, mas toda a comunidade escolar.

## Conclusões

O uso de água residuária de piscicultura, mesmo na menor concentração (25%), apresentou resultados satisfatórios nos indicadores estudados. As concentrações de 50% (T3) e 100% (T4), apresentaram um maior crescimento das plantas e uma maior produção de frutos, tanto em termos de quantidade como de massa seca total. A utilização da horta escolar como instrumento nas práticas de educação ambiental revelou-se uma estratégia eficaz para a formação de indivíduos mais conscientes, comprometidos com a preservação do meio ambiente e aptos a disseminar esse compromisso em suas comunidades.

## Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da comunidade acadêmica da Escola Estadual Doutor Hélio Palma de Arruda e do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Mato Grosso.

## Referências

AGUIAR, C. P. et al. Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA. **Anuário 2022, Peixe BR da piscicultura**. 2020. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2022/>. Acesso em: 15 jan. 2024.

BOYD, C. E. **Water quality management for pond fish culture. *Developments in aquaculture and fisheries science***. New York: Elsevier Scientific Publishing Company, 1982. 318 p.

BRASIL. Gabinete do Ministro. **Portaria n. 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-888-de-4-de-maio-de-2021-318461562>. Acesso em: 09 jun. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. 2011. Disponível em: <http://bit.ly/1FY24dj>. Acesso em: 20 jan. 2024.

BRASIL. **Política Nacional de Educação Ambiental: Lei Federal n. 9.795.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 27 abr. 1999. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9795htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9795htm). Acesso em: 05 jul. 2024.

BRASIL. **Resolução n. 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. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2017** [recurso eletrônico]. São Paulo, 2018.

CUNHA, E. et al. A alimentação orgânica e as ações educativas na escola: diagnóstico para a educação em saúde e nutrição. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 15, n. 1, p. 39-49, 2010.

FERNANDES, F. N.; ALMEIDA, I. C.; ALVES, U. P. **Análise de parâmetros físico-químicos da água e do uso e ocupação do solo na sub-bacia do Córrego da Água Branca no município de Nerópolis – Goiás**, jul. 2015.

FERREIRA, L. C. et al. Educação Ambiental e sustentabilidade na prática escolar. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 201-214, 2019.

FINOTTI, A.; FINKLER, R.; SILVA, M. D'A. **Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas**. 1. ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2009.

FIOROTTI, J. L. et al. Horta: a importância no desenvolvimento escolar. In: **XIV Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica**. Universidade Vale do Paraíba, 2011.

GADOTTI, M. **Educar para a sustentabilidade: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável**. São Paulo: Instituto Paulo Freire, 2008.

GONÇALVES, A. F. et al. A Educação Ambiental e o ensino de ciências (6º ao 9º ano) na escola pública e privada. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 394-415, 2019.

KUBITZA, F. **Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões**. Jundiaí: F. Kubitza, 1996. 229 p.

LI, F. et al. Substituting chemical fertilizer nitrogen with organic manure and comparing their nitrogen use efficiency and winter wheat yield. **The Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 158, p. 262-268, 2020. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/volume/FACCA9AF74C4F9DFD815BA8FCD2CCDE0>. Acesso em: 15 maio 2025.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água**. 3. ed. Campinas, SP: Átomo, 2010.

Revbea, São Paulo, V. 21, Nº 2: 392-406, 2026.

MADEIRA, N. R. et al. **Cultivo do tomateiro em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH)**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2019. (Circular Técnica, 168).

MELENDEZ-MARTINEZ, Antonio J.; VICARIO, Isabel M.; HEREDIA, Francisco J. Importância nutricional dos pigmentos carotenóides. **ALAN**, Caracas, v. 54, n. 2, p. 149-155, jun. 2004. Disponível em: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222004000200003&lng=es&nrm=iso](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000200003&lng=es&nrm=iso). Acesso em: 23 set. 2024.

MELO, W. G. et al. Secagem rápida de tecidos de plantas para determinação da matéria seca. In: **Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, 28 jul. a 2 ago. 2013. Florianópolis, 2013.

NAVES, J. G. P.; BERNARDES, M. B. J. A relação histórica homem/natureza e sua importância no enfrentamento da questão ambiental. **Geosul**, v. 29, n. 57, p. 7-26, 2014.

NOLASCO, G. M. et al. Análise da alcalinidade, cloretos, dureza, temperatura e condutividade em amostras de água do município de Almenara/MG. *Recital - Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG*, v. 2, n. 2, p. 52-64, 2020. DOI: 10.46636/recital.v2i2.60.

OLIVEIRA, F. et al. Horta escolar, Educação Ambiental e a interdisciplinaridade. **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 13, n. 2, p. 10-31, 2018.

PILLAY, T. V. R.; KUTTY, M. N. **Aquaculture Principles and Practices**. 2. ed. Wiley-Blackwell, 2005. 640 p.

RODRIGUES, A. P. O. **Nutrição e alimentação do tambaqui (Colossoma macropomum)**. Embrapa Amazônia Ocidental, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/986962/nutricao-e-alimentacao-do-tambaqui-colossoma-macropomum/>. Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, G. S.; SANTOS, A. Horta escolar agroecológica: alternativas ao ensino de Geografia e consciência ambiental no povoado Jardim Cordeiro, Delmiro Gouveia/AL. **Diversitas Journal**, v. 1, n. 3, p. 337-346, 1 dez. 2016. Disponível em: [https://diversitasjournal.com.br/diversitas\\_journal/article/view/200](https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/200). Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, A. L. et al. A criação de uma horta escolar como ferramenta ao ensino de Educação Ambiental. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 78811-78827, 2020.

SANTOS, A. L.; OLIVEIRA, M. C. Produção do tomate em aquaponia: como fazer com sucesso. **Revista Campo & Negócios**, Uberlândia, jul. 2024. Disponível em: <https://revistacampoenegocios.com.br/producao-do-tomate-em-aquaponia-como-fazer-com-sucesso>. Acesso em: 15 maio 2025.

SANTOS, M. J. D. et al. Horta escolar agroecológica: incentivadora da aprendizagem e de mudanças de hábitos alimentares no ensino fundamental. **HOLOS**, v. 4, p. 278-290, 2014.

SILVA, E. E.; SANTOS, J. F. Exigência protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 50, n. 2, p. 1-10, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/SScZsf3RbftCnWfYGVvXzfd>. Acesso em: 15 maio 2025.

SILVA, L. R. C. et al. Horta escolar como preceito à educação ambiental: estudo de caso em uma escola pública de ensino fundamental em Soledade-RS. **Extensão em Foco**, v. 11, n. 2, p. 1–19, 2023. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/extensao/article/view/3397>. Acesso em: 15 maio 2025.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 70 p.

SPERLING, M. V. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014. 472 p.

TRAN-DUY, A. et al. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 275, n. 1-4, p. 152-162, 2008.

VASCONCELOS, C. A. **Inventário de herpetofauna da fazenda alto do céu, Chapada dos Guimarães, Mato Grosso**. 2018. Disponível em: <https://www.repositoriodigital.univag.com.br/index.php/bio/article/view/390/390>. Acesso em: 22 jan. 2024.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

YANBO, W. et al. Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. **Fish Physiology and Biochemistry**, v. 32, p. 49-54, 2006.