

SISTEMA BIOÁGUA: EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ÁGUA CINZA NO SEMIÁRIDO SERGIPANO PARA REÚSO AGRÍCOLA

Laíssy Messias dos Santos ¹, Raimundo Rodrigues Gomes Filho ²

RESUMO: Em regiões áridas e semiáridas a disponibilidade hídrica torna-se, em alguns períodos do ano, insuficiente para atender a demanda por água em uma comunidade, sendo necessária a busca por fontes alternativas a exemplo da prática do reúso por meio da implantação de Tecnologias Sociais (TS). Diante desse contexto, objetivou-se com esse trabalho determinar a eficiência do tratamento da água cinza através de um Sistema Bioágua (SBA) e analisar a qualidade da água cinza tratada para atender aos critérios de uso na irrigação. Foram coletadas amostras da água cinza bruta e tratada a cada sete dias em um período experimental de 36 dias e analisadas *in loco* e em laboratório as características físicas, químicas e microbiológicas. O SBA apresentou bom desempenho no tratamento da água cinza e valores aceitáveis de CE, STD, NO₃⁻, NO₂⁻, OD, pH e RAS para uso na irrigação, segundo diretrizes relacionadas, mas indicou valores desconformes de Turbidez, NH₃, PO₄ e *E. coli*.

PALAVRAS-CHAVE: fonte alternativa de água, tecnologia social, irrigação.

BIOWATER SYSTEM: EFFICIENCY IN THE TREATMENT OF GREYWATER IN THE SEMI-ARID REGION OF SERGIPE FOR AGRICULTURAL REUSE

ABSTRACT: In arid and semi-arid regions, water availability becomes insufficient at certain times of the year to meet a community's demand for water, making it necessary to look for alternative sources, such as the practice of reuse through the implementation of Social Technologies (ST). Given this context, the aim of this work was to determine the efficiency of greywater treatment using the BioWater System (BWS) and to analyze the quality of treated greywater in order to meet the criteria for use in irrigation. Samples of raw and treated greywater were collected every seven days over an experimental period of 36 days and the physical, chemical and microbiological characteristics were analyzed on site and in the laboratory. The BWS showed good performance in treating greywater and acceptable values for EC, TDS, NO₃⁻, NO₂⁻, DO, pH and SAR for use in irrigation, according to related guidelines, but indicated non-conforming values for Turbidity, NH₃, PO₄ and *E. coli*.

KEYWORDS: alternative water source, social technology, irrigation.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso primordial na vida cotidiana de uma comunidade devido a necessidade de uso em múltiplas atividades econômicas e domésticas, a exemplo do abastecimento humano e animal, geração de energia, aquicultura, irrigação, turismo e lazer (ANA, 2022). Porém essa demanda, em regiões áridas e semiáridas, extrapola em quantidade a água disponível localmente fazendo-se necessário estabelecer as atividades prioritárias para utilização do recurso. De acordo com He *et al.*

¹Eng^a Civil, Mestranda, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Sergipe, UFS, Aracaju – SE, Fone: (79) 99600-2310, laissymessias@gmail.com

²Doutor em Engenharia Agrícola, Prof^o. Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Sergipe, UFS, Aracaju – SE, rrgomesfilho@hotmail.com

(2021) até 2050 aproximadamente metade da população urbana mundial, equivalente a 1,693 a 2,373 bilhões de pessoas, deve residir em regiões com escassez hídrica, incluindo 19 megacidades.

Diante desse contexto a prática do reúso torna-se uma fonte alternativa de água para suprir a demanda requerida em atividades que não exigem água potável como a irrigação, principalmente, em comunidades que vivem a realidade da escassez hídrica. Segundo Haak *et al.* (2018), a prática do reúso pode cooperar com a otimização do uso da água, aumentar a resistência à seca e quase dobrar a disponibilidade hídrica local.

Como ferramenta para alcançar os benefícios supracitados, surgiu as Tecnologias sociais (TS) que proporcionam o tratamento e reúso de água, a exemplo do Sistema Bioágua (SBA) desenvolvido por Santiago *et al.* (2015) que é utilizado para o tratamento e reúso de água cinza na irrigação. Porém, faz-se necessário, que a água de reúso atenda às exigências relativas ao uso que se destina, tornando assim, uma prática socialmente segura e ambientalmente correta. Assim, a fim de respeitar as recomendações estabelecidas para a prática, deve-se analisar a qualidade da água de reúso através das suas características físicas, químicas e microbiológicas e posteriormente analisar se os parâmetros estão de acordo com as condições e padrões recomendados por normativas relacionadas ao uso pretendido.

Perante o exposto, o trabalho objetivou determinar a eficiência do tratamento da água cinza por um SBA através da análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água cinza bruta e tratada, além de, avaliar se a água cinza tratada apresenta características concordantes com os critérios exigidos por diretrizes nacionais e internacionais para aplicação da água de reúso na irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O SBA deste estudo está implantado no Colégio Indígena Estadual Dom José Brandão de Castro (CIEDJBC) localizado no território indígena em Ilha de São Pedro no município de Porto da Folha/SE na mesorregião do Sertão Sergipano e microrregião Sergipana do Sertão do São Francisco.

A tecnologia consiste no tratamento de água cinza mediante um processo de filtração por mecanismo de impedimento físico e biológico dos resíduos contidos na água, onde a matéria orgânica é biodegradada por uma população de minhocas californianas (*Eisenia fetida*). Referindo-se ao SBA deste estudo, a água cinza destinada ao tratamento é proveniente, exclusivamente, da pia da cozinha, classificada como água cinza escura. O sistema é composto por: caixa de gordura (0,175m³), filtro biológico (4,83m³), tanque de reúso (4,83m³), viveiro com mil mudas de 25 distintas espécies florestais arbóreas nativas da caatinga, minhocário e casa da bomba. O filtro biológico é de fluxo descendente e composto por cinco camadas (Figura 1).

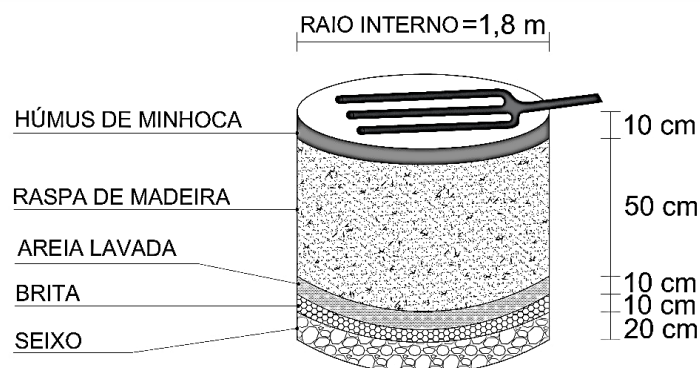


Figura 1. Desenho esquemático do Filtro biológico

Foram coletadas amostras da água cinza bruta e tratada a cada sete dias, compreendendo seis amostragens em um período experimental de 36 dias. As análises das amostras foram realizadas conforme metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). E para análise de eficiência do SBA observou-se a variação (Var (%)) dos parâmetros utilizando a equação 1:

$$Var\text{ }(\%) = \left(1 - \frac{c_T}{c_B}\right) \times 100 \quad (1)$$

Em que: C_T - Concentração na água cinza tratada, unidade de medida de cada parâmetro; C_B - Concentração na água cinza bruta, unidade de medida de cada parâmetro.

Com a finalidade de avaliar o uso da água cinza tratada, sob aspectos legais para reúso agrícola, foram considerados os Valores Máximo Permitido (VMP) apresentados em referências nacionais e internacionais que dissertam sobre a temática. Vale ressaltar que quando consultado a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 (BRASIL, 2005) considerou-se as condições e padrões exigidos para águas doces classe 3 e para análise do risco de redução da taxa de infiltração no solo da água cinza tratada foi adotada a metodologia da *Food and Agriculture Organization* (FAO) (Ayers e Westcot, 1985) utilizando os valores obtidos de CE e os valores calculados da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) por meio da Equação 2:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad (2)$$

Em que: Na - Sódio, meqL⁻¹; Ca - Cálcio, meqL⁻¹; Mg - Magnésio, meqL⁻¹.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos resultados alcançados em cada análise das amostras e aplicando a estatística descritiva obteve-se os valores médios e a variação dos parâmetros apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Características físicas, químicas e microbiológicas da água cinza bruta e tratada utilizando o SBA instalado no CIEDJBC

Parâmetros	Água cinza bruta	Água cinza tratada	Aumento ↑ Redução ↓
CE (dS/m)	1,13	1,71	↑ 51,33%
Cor aparente (uC)	1.010,50	1.374,67	↑ 36,04%
STD (mg/L)	740,33	1.156,33	↑ 56,19%
T (°C)	30,00	29,88	↓ 0,40%
Turbidez (uT)	1.153,00	141,37	↓ 87,74%
NH ₃ (mg/L)	26,15	12,62	↓ 51,74%
Cloro residual livre (mg/L)	0,00	0,00	-
PO ₄ (mg/L)	50,22	59,51	↑ 18,50%
NO ₃ ⁻ (mg/L)	4,60	4,06	↓ 11,74%
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,00	0,00	-
Óleos e graxas (mg/L)	2.572,83	599,67	↓ 76,69%
OD (mg/L)	0,32	4,99	↑ 1459,38%
pH	5,38	7,05	↑ 31,04%
Coliformes totais (UFC/100ml)	9.302.533,33	610.626,33	↓ 93,00%
E.coli (UFC/100ml)	774.283,33	43.058,83	↓ 94,00%

Ao analisar a CE e STD, de acordo com a FAO, a água cinza tratada encontra-se no intervalo $0,7 \text{ dS/m} < \text{CE} < 3,0 \text{ dS/m}$ e $450 \text{ mg/L} \leq \text{STD} \leq 2.000 \text{ mg/L}$, respectivamente, classificando-a com grau de restrição leve a moderado. Tratando-se de turbidez, o CONAMA estabelece que águas doces classe 3 devem apresentar até 100 uT, desse modo a água cinza tratada excedeu esse limite.

Em relação a cor aparente e temperatura, acredita-se que são parâmetros irrelevantes devido não ser estabelecidos padrões nas diretrizes consultadas que discorrem sobre o assunto.

De acordo com as diretrizes estabelecidas pela FAO, o valor limite aceitável de amônia e fosfato em água destina à irrigação é 5 mg/L e 2 mg/L, respectivamente, assim observou-se que as concentrações encontradas na água cinza tratada superaram esse limite.

As diretrizes para reúso de água da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA) estabelece que a água destinada para irrigação com concentração de nitrato inferior a 5 mg/L não tem nenhum grau de restrição para uso, classificando assim a água cinza tratada. E, em relação a concentração de nitrito, a resolução do CONAMA estabelece que para irrigação de culturas arbóreas não deve exceder 1,0 mg/L, estando assim, a água cinza tratada, em conformidade com a resolução.

Em relação a presença de óleos e graxas na água destinada a irrigação, apenas a resolução do CONAMA apresenta a recomendação que devem estar virtualmente ausentes. As altas concentrações de óleos e graxas encontradas podem ser justificadas por ser água cinza proveniente do uso da pia de cozinha, onde são despejados resíduos de alimentos gordurosos e óleos. O CONAMA também estabelece que o OD não pode ser inferior a 4 mg/L, assim o valor médio da água cinza tratada está acima do limite estabelecido.

De acordo com a FAO, o valor aceitável de pH deve estar dentro do intervalo de 6,5 a 8,4, assim sendo, o valor médio da água cinza está inserido nesse intervalo.

A presença de coliformes totais na água indica a possibilidade de contaminação fecal e/ou outros microrganismos patogênicos, que pode ser ocasionado pela lavagem de alimentos contaminados. O Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) estabelece que a concentração de coliformes termotolerantes não ultrapasse 10⁴ E.coli/100ml (PROSAB, 2006), assim o valor alcançado da água cinza tratada extrapolou a recomendação.

A partir dos valores de RAS e CE alcançados nas seis amostras de água cinza tratada, foi realizada a análise do risco de redução da taxa de infiltração no solo (Tabela 2):

Tabela 2. Análise do risco de redução da taxa de infiltração no solo

Coleta	C1	C2	C3	C4	C5	C6
RAS	2,87	2,83	4,05	5,63	6,54	5,60
CE (dS/m)	1,71	1,82	0,89	2,20	2,14	1,51
Grau de restrição	Nenhum	Nenhum	Leve a moderado	Nenhum	Nenhum	Nenhum

A definição do grau de restrição de uso de cada amostra apresentado na tabela precedente foi estabelecida conforme diretrizes da FAO.

CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento deste trabalho foi possível concluir que o SBA estudado se mostrou eficiente, apesar da ocorrência de algumas variações observadas. Notou-se reduções significativas de Turbidez, NH₃, NO₃⁻, Óleos e graxas, Coliformes totais e *E. coli*. No entanto, houve aumento de CE, Cor aparente, STD, PO₄, OD e pH, mas o aumento dos valores de pH demonstrou a capacidade do SBA em torna-lo mais próximo ao pH neutro encontrado em água potável. Assim também se avaliou o aumento de OD, como um melhoramento na qualidade da água cinza após tratamento. E ao analisar os valores médios dos parâmetros da água cinza tratada para atender as recomendações de qualidade de água para uso na irrigação, observou-se que PO₄, NH₃, turbidez e *E. coli* estão conflitantes com os padrões estabelecidos, diante disso, recomenda-se a implantação de uma unidade simples de desinfecção com cloro da água cinza tratada antes de ser utilizada na irrigação.

AGRADECIMENTOS

À agência de Fomento Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de Pós-Graduação a nível de mestrado para a autora Laíssy Messias dos Santos e à Universidade Federal de Sergipe por viabilizar a participação dos autores no VI WINOTEC.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICOS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2021**. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/>>. Acesso em: 06 nov. 2024

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23.ed. Washington: APHA, 2017. 1796 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. 29. ed. Roma: FAO, 1985. 174 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<https://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>>. Acesso em: 06 nov. 2024.

HAAK, L.; SUNDARAM, V.; PAGILLA, K. Sustainability assessment for indirect potable reuse: a case study from Reno, Nevada. **Water Environment Research**. v. 90, n. 8, p. 748–760, 2018.

HE, C.; LIU, Z.; WU, J.; et al. Future global urban water scarcity and potential solutions. **Nature communications**. v. 12, n. 4667, p. 1–11, 2021.

PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO – PROSAB. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. 1. ed. Recife: ABES, 2006. 427 p.

SANTIAGO, F.; JALFIM, F.; BLACKBURN, R.; et al. **Manual de implantação e manejo do Sistema Bioágua Familiar: Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro**. 1. ed. Caraúbas: ATOS, 2015. 190 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA. **Guidelines for Water Reuse 2012**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-08/documents/2012-guidelines-water-reuse.pdf>>. Acesso em: 07 nov. 2024.