

Sistema SODIS para desinfecção da água

SODIS system for water disinfection

DOI:10.34117/bjdv8n3-381

Recebimento dos originais: 27/01/2022

Aceitação para publicação: 25/02/2022

Danilo Cesar Cazu

Graduado em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

Edilaine Regina Pereira

Doutora em Agronomia

Instituição: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros - ESALQ/USP

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

E-mail: edilainepereira@utfpr.edu.br

Jose Euclides Stipp Paterniani

Doutor em Hidráulica e Saneamento

Instituição: Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP

Endereço: Avenida Alexandre Cazalato 378 casa 51, Betel, CEP: 13148218. Paulinia
SP

Fellipe Jhordã Ladeia Janz

Mestre em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

E-mail: fellipejanz@hotmail.com

Dandley Vizibelli

Mestre em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

E-mail: dandley.22@hotmail.com

Amanda Silva Nunes

Mestre em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

E-mail: amanda__nunes1@hotmail.com

Thais Ribeiro

Mestranda em Engenharia Ambiental

Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – campus Londrina

Endereço: Avenida dos Pioneiros, 3131, Morumbi, Londrina - PR, Brasil

E-mail: thaisribeiro@alunos.utfpr.edu.br

RESUMO

O crescimento acentuado da população mundial conduziu a um aumento considerável no consumo de água potável, no entanto significativa parcela desta população reside em localidades nos quais o saneamento básico é precário ou até mesmo inexistente. O emprego da tecnologia no tratamento da água com o uso de coagulante orgânico como a extração da semente da *Moringa oleifera*, busca novas alternativas ao tratamento da água e associado ao desenvolvimento de um sistema SODIS (Solar Water Disinfection) de desinfecção torna-se uma alternativa atraente para a desinfecção de água, tendo em vista a sua grande eficiência e poder de sustentabilidade quando utilizado em propriedades rurais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência da desinfecção da água com a utilização da radiação solar associado ao uso de coagulante orgânico extraído da semente de *Moringa oleifera*. Com isso foi coletado 75 litros de água do Ribeirão Três Bocas em Londrina-PR, para a realização dos ensaios de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. Os ensaios foram conduzidos em 3 dias (ensaios 1, 2 e 3), em duplicata, e foram construídos dois concentradores solar utilizando material de baixo custo, onde foram posicionadas garrafas PET de 1 L no interior dos concentradores e foram utilizados os seguintes tratamentos: Garrafa 100% pintada (G1), Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltado pra cima (G2), Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltado pra baixo (G3) e Garrafa sem aplicação de tinta (G4) e após 4 horas de exposição ao sol foram coletadas as amostras de água e analisados os parâmetros temperatura, cor verdadeira, turbidez, coliformes totais e *Escherichia coli* para cada ensaio. Após a desinfecção, a temperatura apresentou um aumento entre os tratamentos em função da radiação solar, mantendo uma média de 29°C. A cor verdadeira mostrou uma eficiência de 100% de remoção após a desinfecção da água pelo SODIS. Para turbidez os valores alcançados de eficiência de remoção foram acima de 96% tendo os resultados satisfatórios para todos os tratamentos. Para coliformes totais e *E. coli.*, o concentrador solar foi muito eficiente, mostrando a eliminação de 100% para todos os tratamentos para os ensaios 1 e 3, na qual ocorreu em dias de sol com temperaturas superior a 60°C. Já para o ensaio 2 não houve a eliminação suficiente devido a condição meteorológica presente no dia, no entanto houve mesmo assim uma diminuição nos seus valores, demonstrando que o tratamento completo da água com uso do sistema SODIS no final do processo não foi satisfatório. Em relação a análise de variância entre os ensaios 1 e 3 não houve diferença significativa entre os tratamentos para todos os parâmetros. A ação do SODIS apresentou uma eficiência de 100% de remoção de coliformes em dias de alta radiação solar, e para dia com nebulosidade teve uma diminuição do número de coliformes, mas não houve eliminação, sendo um processo eficaz, alternativo e barato para o processo de desinfecção da água.

Palavras-chave: moringa oleífera, sustentabilidade, concentrador solar.

ABSTRACT

The sharp growth of the world population has led to a considerable increase in the consumption of drinking water, however a significant portion of this population resides in locations where basic sanitation is precarious or even non-existent. The use of technology in water treatment with the use of organic coagulant such as *Moringa oleifera* seed extraction, seeks new alternatives to water treatment and associated with the development of a SODIS (Solar Water Disinfection) disinfection system becomes an attractive alternative for water disinfection, in view of its great efficiency and power of sustainability when used in rural properties. The objective of this work was to evaluate the efficiency of water disinfection with the use of solar radiation associated with the use

of organic coagulant extracted from the seed of *Moringa oleifera*. With this, 75 liters of water were collected from Três Bocas river in Londrina-PR, to carry out coagulation, flocculation, sedimentation, filtration and disinfection tests. The tests were carried out in 3 days (tests 1, 2 and 3), in duplicate, and two solar concentrators were built using low-cost material, where 1 L PET bottles were positioned inside the concentrators and the following treatments were used: Bottle 100% painted (G1), Bottle 50% painted horizontally facing up (G2), Bottle 50% painted horizontally facing downwards (G3) and Bottle without paint application (G4) and after 4 hours of exposure in the sun, water samples were collected and the parameters temperature, true color, turbidity, total coliforms and *Escherichia coli* were analyzed for each assay. After disinfection, the temperature increased among treatments as a function of solar radiation, maintaining an average of 29°C. True color showed 100% removal efficiency after SODIS water disinfection. For turbidity, the removal efficiency values achieved were above 96%, with satisfactory results for all treatments. For total coliforms and *E. coli*., the solar concentrator was very efficient, showing 100% elimination for all treatments for tests 1 and 3, which occurred on sunny days with temperatures above 60°C. For test 2, there was not enough elimination due to the meteorological condition present on the day, however there was still a decrease in their values, demonstrating that the complete treatment of water using the SODIS system at the end of the process was not satisfactory. Regarding the analysis of variance between trials 1 and 3, there was no significant difference between treatments for all parameters. The SODIS action showed an efficiency of 100% of coliform removal on days of high solar radiation, and for cloudy days there was a decrease in the number of coliforms, but there was no elimination, being an effective, alternative and cheap process for the process. of water disinfection.

Keywords: moringa oleífera, sustainability, solar concentrator.

1 INTRODUÇÃO

Em muitas regiões a água além de ser escassa possui um padrão de qualidade impróprio ao consumo humano, devido ao despejo de esgotos sanitários e industriais nos mananciais, o que se faz necessário o tratamento da água para o uso (SILVA, 2010). A qualidade da água é essencial para uma vida saudável, pois é um dos principais veículos de transmissão de doenças, como bactérias, vírus e protozoários, sendo considerada uma das maiores preocupações das populações.

O 6º objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS 6) da Organização das Nações Unidas (ONU) diz respeito a “garantir a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do esgotamento sanitário para todos”, ou seja, à água é um direito humano (CASTRO, 2016). Dentre os objetivos, até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo a água potável para todos; o acesso a saneamento; melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição; aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar

a escassez e implementar a gestão integrada dos recursos hídricos.

De acordo com o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) de 2017, cerca de 2 bilhões de pessoas não possuem acesso a água potável, mais de 800 milhões não possuem serviço de básico de água potável e quase 160 milhões bebem água não tratada de fontes superficiais como rio e lagos. Entre as principais conclusões do relatório é que muitos países não tem um monitoramento sobre a qualidade dos serviços de água e saneamento e existem grandes lacunas entre áreas urbanas e rurais, de 160 milhões de pessoas que utilizam águas superficiais não tratadas, 150 milhões vivem em zonas rurais (UNICEF, 2017).

O emprego da tecnologia no tratamento da água com o uso de coagulante orgânico como a extração da semente da *Moringa oleifera*, busca novas alternativas ao tratamento da água uma vez que o uso destes possuem menor custo e tem uma eficiência equiparada ao dos coagulantes inorgânicos, buscando uma distribuição de água tratada com a remoção dos parâmetros de turbidez, cor e sólidos dissolvidos.

Os produtos químicos mais comum utilizados na desinfecção para a produção de água potável são o gás cloro (Cl_2), o hipoclorito de sódio (NaClO) ou de cálcio ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$), o ozônio (O_3) e outros, onde todos os agentes químicos utilizados na desinfecção tem a função de veiculação hídrica e inativação de organismos patogênicos na potabilização das águas.

Já a desinfecção com os agentes físicos tem como objetivo substituir a desinfecção química, na qual a radiação atua por meio físico atingindo os ácidos nucleicos dos microrganismos onde promovem reações fotoquímicas que inativam os vírus e as bactérias, como por exemplo a radiação ultravioleta (UV) (DANIEL, 2001).

A utilização do sistema Solar Water Desinfection (SODIS), na qual com a utilização de energia solar associada a alta temperatura (superior a 60°C) promove a eliminação dos microrganismos presentes na água é comprovada por CANGELA (2014). O SODIS é um processo simples de desinfecção, utilizando radiação solar ultra violeta tipo A (UV-A) para a eliminação dos microrganismo patogênicos entre eles a *Escherichia coli*, onde o procedimento consiste em expor a água à radiação para a eliminação dos microrganismos, sendo utilizado em regiões com alta radiação solar, com baixo poder aquisitivo e com materiais de baixo custo (MEIERHOFER; WEGELIN, 2002).

Diante disso, este trabalho tem como propósito avaliar a eficiência da desinfecção da água com a radiação solar (SODIS) com a utilização do coagulante orgânico utilizado no processo de coagulação e floculação, com a finalidade de atender os padrões de

potabilidade da água.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A água utilizada no experimento foi coletada no Ribeirão Três Bocas, localizado na região Sul da cidade de Londrina ao Norte do Estado do Paraná e os ensaios foram realizados no Laboratório de Recursos Hídricos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina-PR.

Foram simulados em equipamento jar test os processos de coagulação/floculação/sedimentação de acordo com adaptações de Theodoro (2012), onde as amostras da água foram submetidas a uma agitação rápida duração de 3 minutos a uma rotação de 150 rpm; uma agitação lenta, com duração de 10 minutos a uma rotação de 15 rpm e por fim, o equipamento foi desligado a fim de que ocorresse o processo de sedimentação. Após 30 minutos do processo de sedimentação, foi realizada a filtração, onde utilizou-se filtros montados de garrafas PET com dimensões de 10 centímetros de diâmetro interno e volume de 2 litros, estando amparado em uma estrutura metálica posicionada abaixo do equipamento Jar Test, facilitando assim o fluxo de coleta das amostras do equipamento aos filtros. Segundo Janz et al. (2018), para o preparo da solução coagulante retirada da semente de *Moringa oleifera*, utilizou-se uma solução salina de concentração de 1M de NaCl para a extração do princípio ativo e 10g da semente descascada e através de pré ensaios definiu-se a solução final de 2 mgL⁻¹ de solução coagulante a ser aplicado nos ensaios.

Para a construção dos filtros de areia, o meio filtrante foi dividido em duas camadas de granulometria diferentes, sendo a primeira granulometria de 0 a 0,425mm, e a segunda disposta logo em seguida com a granulométrica de 0,425 a 0,850mm, na qual cada uma ocupou uma altura de 7,5 cm (adaptado de DI BERNARDO et al., 2003). Por fim, a água coletada na saída dos filtros foi adicionada em garrafas plásticas tipo PET no volume de 1L, na qual foram em seguida submetidas ao efeito do SODIS no concentrador solar.

Foram utilizados 2 concentradores solares idênticos (C1 e C2) para fins de repetição e foram construídos com base nas indicações do IMTA (HERRERA, 2003). Na concepção do sistema foram utilizados materiais como madeiras, papel alumínio e garrafas plásticas tipo PET, com volume de 1L, sendo estes materiais de baixo custo conforme recomendação. As 4 garrafas que foram utilizadas no concentrador foram do tipo PET, incolores, sendo que 3 dessas garrafas foram pintadas com tinta esmalte na cor

preto fosco e uma garrafa sem pintura para devidas comparações no processo de desinfecção (Figura 1). Dessa forma, os tratamentos se deram da seguinte forma: G1 – Garrafa 100% pintada de preto; G2 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para cima; G3 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para baixo; G4 – Garrafa sem aplicação de tinta. Os ensaios foram desenvolvidos em 2 dias ensolarados (ensaio 1 e 3) e em 1 dia nublado (ensaio 2).

Figura 1: Concentrador solar SODIS.



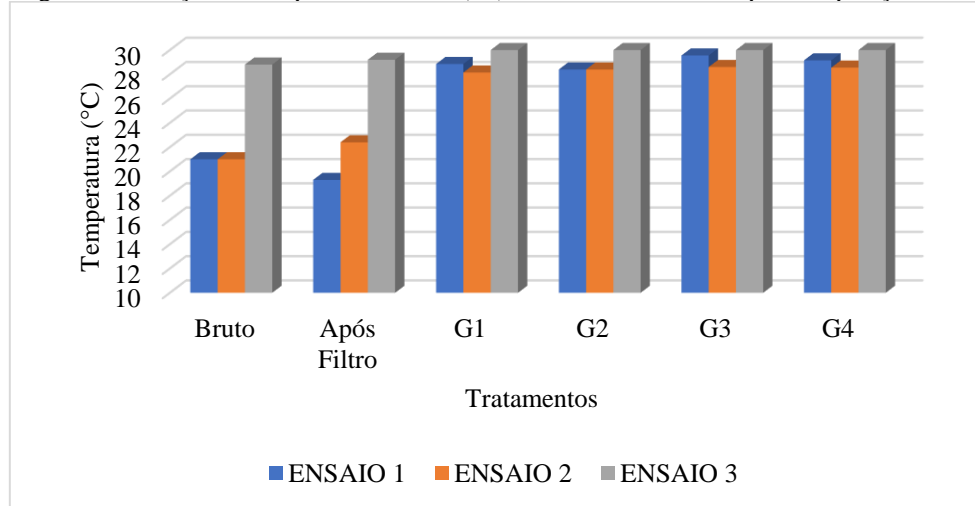
Segundo Gonzales et al. (2007) para uma maior eficiência de captação de raios solares o concentrador também pode ser inclinado de acordo com a latitude do local, no caso o concentrador foi inclinado a uma angulação aproximada de 22° , de acordo com a cidade de Londrina onde sua latitude corresponde a $23^\circ 17' 34''$ Sul. Este também deve ser recoberto por papel alumínio para intensificar a ação dos raios solares.

A temperatura foi monitorada de 15 em 15 minutos durante 4 horas, com início às 10 horas da manhã e término às 14 horas, período em que a incidência da radiação é maior. Para a leitura da temperatura foi utilizado termômetro espeto e para a temperatura ambiente foi utilizada a estação meteorológica presente no campus. Para o estudo, foram analisados os parâmetros turbidez, temperatura e cor verdadeira seguindo a metodologia de APHA (2012); já para os parâmetros de coliformes totais e E. coli foram seguidas a metodologia de Collilert, na qual utilizou o sistema Quanti-Tray/2000, que fornece métodos de quantificação semiautomatizados com base no modelo Número Mais Provável por 100mL. Os ensaios foram realizados em duplicata e analisados estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA), fator único, com auxílio do programa Past.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 mostra a variação de temperatura média de C1 e C2 das amostras durante todo o processo de tratamento da água para os ensaios.

Figura 2: Variação de temperatura média (°C) das amostras antes e após a exposição solar.



G1 – Garrafa 100% pintada de preto; G2 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para cima; G3 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para baixo; G4 – Garrafa sem aplicação de tinta.

Através da análise dos dados, verifica-se que para os tratamentos G1, G2, G3 e G4 houve um aumento da temperatura em todos os ensaios em comparação com a amostra do bruto e do pós filtro sendo esse aumento em razão da ação da radiação solar. Já entre os tratamentos no SODIS observa-se que não houve uma diferença brusca nos valores, onde as temperaturas mantiveram uma média de 29°C.

A Tabela 1 mostra a análise de variância para temperatura entre os tratamentos, onde o valor de F encontrado é menor que o F crítico e o valor – p obtido maior que o valor de significância de 0,05, indicando que não houve diferenças significativas entre os valores de temperatura para cada tratamento não tendo sido realizado o teste de Tukey.

Tabela 1: Análise de variância para temperatura.

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,39	3,00	0,13	0,21	0,88	6,59
Dentro dos grupos	2,47	4,00	0,62			
Total	2,86	7,00				

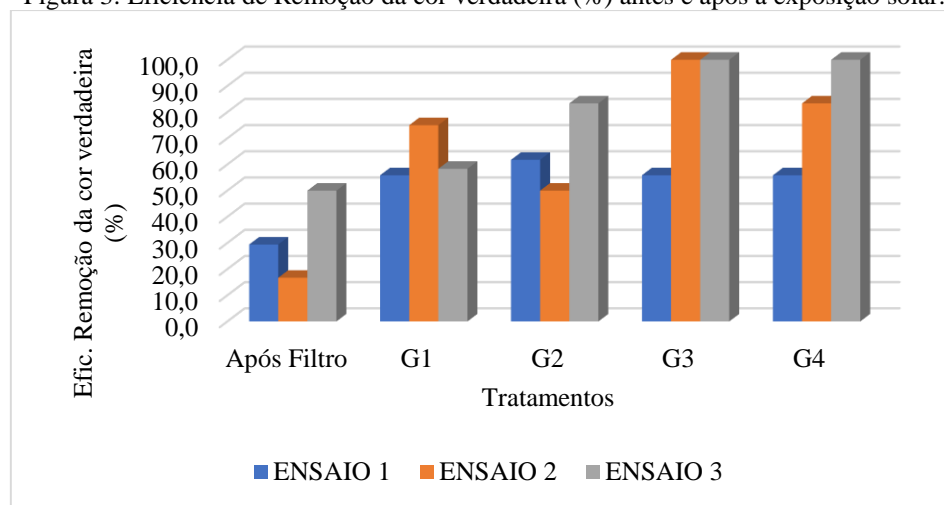
A Tabela 2 mostra os valores médios de cor verdadeira das amostras após a passagem da água pelo filtro e dos tratamentos dos três dias de ensaio realizados,

comparados com o valor bruto. Por meio desses resultados, pode-se calcular a eficiência de remoção de cor verdadeira a partir do valor bruto, podendo assim construir a Figura 3.

Tabela 2: Valores da cor verdadeira das amostras ($m PtCo.L^{-1}$) antes e após a exposição solar.

Amostras	Bruto	Após Filtro	G1	G2	G3	G4
Ensaio 1	17	12	7,5	6,5	7,5	7,5
Ensaio 2	6	5	1,5	3	0	1
Ensaio 3	6	3	2,5	1	0	0

Figura 3: Eficiência de Remoção da cor verdadeira (%) antes e após a exposição solar.



G1 – Garrafa 100% pintada de preto; G2 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para cima; G3 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para baixo; G4 – Garrafa sem aplicação de tinta.

Após a filtração a eficiência de remoção de cor verdadeira chegou a 50% de remoção para o ensaio 3, demonstrando uma boa eficiência no tratamento. A eficiência chegou a 100% de remoção de cor verdadeira para G3 e G4, sendo os melhores resultados encontrados para a ação do concentrador solar, mostrando que o sistema SODIS apresentou um resultado satisfatório na remoção deste parâmetro. A Portaria 888 (BRASIL, 2021), não apresenta valores máximos e/ou mínimos para o parâmetro cor verdadeira.

Pela análise da Tabela 3, pode-se observar que o valor de F é menor que o valor F crítico, e o valor – P é maior que 0,05 indicando que não há diferença significativa entre os tratamentos e não sendo apresentado o teste de Tukey.

Tabela 3: Análise de variância para cor verdadeira.

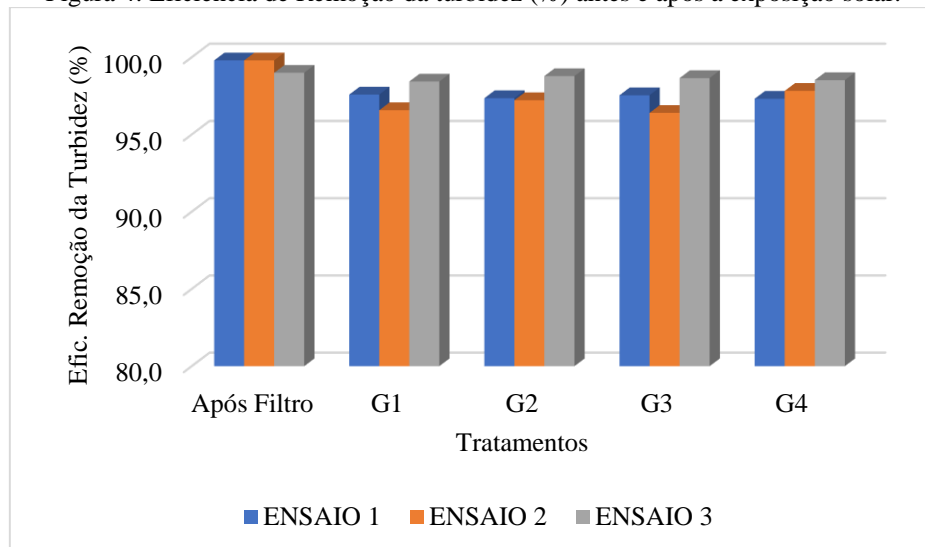
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2,34	3,00	0,78	0,04	0,99	6,59
Dentro dos grupos	83,88	4,00	20,97			
Total	86,22	7,00				

Com os resultados obtidos de turbidez, pode-se calcular a média após o filtro e nos tratamentos com o concentrador solar de cada ensaio (Tabela 4) assim como a eficiência de remoção de turbidez representada na Figura 4.

Tabela 4: Valores de turbidez das amostras em (NTU) antes e após a exposição solar.

Amostras	Bruto	Após Filtro	G1	G2	G3	G4
Ensaio 1	42,3	0,1	1,0	1,1	1,0	1,1
Ensaio 2	40,3	0,1	1,4	1,1	1,5	0,9
Ensaio 3	54,2	0,5	0,9	0,7	0,7	0,8

Figura 4: Eficiência de Remoção da turbidez (%) antes e após a exposição solar.



G1 – Garrafa 100% pintada de preto; G2 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para cima; G3 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para baixo; G4 – Garrafa sem aplicação de tinta.

Pela Portaria 888 (BRASIL, 2021) o limite permitido para turbidez pos filtração lenta e desinfecção é de 1,0 NTU e pela Tabela 4 pode-se observar que os filtros foram eficientes em todos os ensaios e que o sistema SODIS no ensaio 3 apresentou valores aceitáveis para este parâmetro.

Pela análise gráfica, os tratamentos foram eficientes, alcançando uma eficiência de remoção de acima de 96% em todos os ensaios após o filtro. A ação da *Moringa*

oleífera também trouxe uma redução bastante expressiva para este parâmetro no pos filtração uma vez que apresentou média de remoção de 99% para os 3 dias de ensaio. Todos os tratamentos foram satisfatórios, não ocorrendo nenhuma variação brusca nos valores encontrados, tendo sua variação entre 96,6 a 98,8% de eficiencia no concentrador solar.

Segundo Di Bernardo (2003), os valores de remoção de turbidez encontrados em seus estudos foram acima de 82% para serem considerados satisfatórios, sendo assim, todos os resultados obtidos corroboraram com tal autor. De acordo com a Portaria 888 (BRASIL, 2021), o valor máximo permitido para turbidez é de 5 uT, sendo os valores encontrados de acordo com a legislação quando utilizados o sistema SODIS.

Com a análise de variância para turbidez como mostra a Tabela 5, foi possível observar que o valor de F é bem menor que o valor do F crítico e o valor – p bem maior que o valor de significância de 0,05, podendo-se dizer que não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 5: Análise de variância para turbidez.

Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,009	3,000	0,003	0,055	0,981	6,591
Dentro dos grupos	0,224	4,000	0,056			
Total	0,234	7,000				

Com os resultados obtidos pela análise microbiológica, pode-se construir a Tabela 6 mostrando os valores dos resultados obtidos de Coliformes Totais e *E. coli* das amostras de cada ensaio.

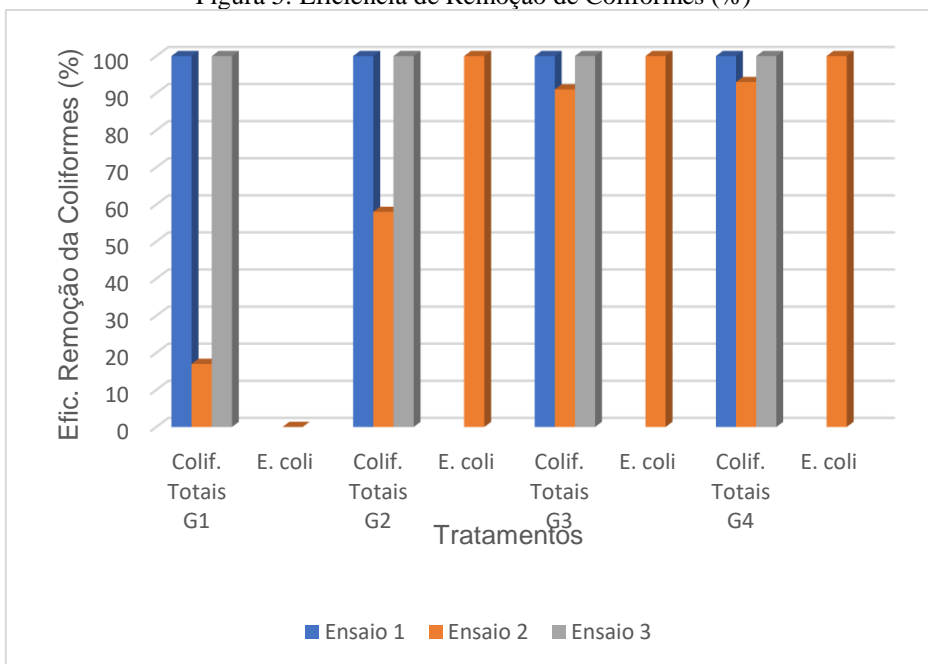
Tabela 6: Valores de Coliformes totais e *E. coli* por (VMP) em cada ensaio antes a após a exposição solar.

Amostras	Após Filtro	G1	G2	G3	G4
Ensaio 1	Colif. Totais	20,9	0	0	0
	<i>E. coli</i>	0	0	0	0
Ensaio 2	Colif. Totais	166,4	137,4	70,3	15,1
	<i>E. coli</i>	1	1	0	0
Ensaio 3	Colif. Totais	2419,6	0	0	0
	<i>E. coli</i>	0	0	0	0

Com os dados tabelados, foi possível a construção da Figura 5, mostrando a eficiência de remoção de Coliformes Totais a partir dos valores de coliformes do após o

filtro para cada tratamento e ensaio.

Figura 5: Eficiência de Remoção de Coliformes (%)



G1 – Garrafa 100% pintada de preto; G2 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para cima; G3 – Garrafa 50% pintada no sentido horizontal voltada para baixo; G4 – Garrafa sem aplicação de tinta.

Pela análise de dados, observou-se que nos ensaios 1 e 3 houve uma eficiência de remoção de 100% para Coliformes Totais quando comparado a amostras após o filtro, indicando ausência em 100 mL. Já para *E.coli*, não foi possível calcular a eficiência pois não apresentou indicador na amostra do pós filtro.

De acordo com a Portaria 888 (BRASIL, 2021), para o consumo da população a água deve apresentar ausência em 100 mL de Coliformes Totais e *Escherichia coli*. Sendo assim o sistema SODIS para os ensaios 1 e 3 apresentaram um ótimo desempenho, pois devido a condição climática, os ensaios ocorreram em dias de céu sem coberturas de nuvens fazendo com que as temperaturas das garrafas fossem superior a 60°C, podendo assim atender a legislação, indicando a ausência de coliformes em suas amostras.

Através das análises microbiológicas, os tratamentos no SODIS nos ensaios 1 e 3, não obtiveram diferença, ou seja, todos os tratamentos indicaram um bom desempenho na desinfecção, a diferença está na temperatura em que a água alcançou nos tratamentos em que as garrafas eram pintadas com as que não foram pintadas.

Para o ensaio 2, houve uma remoção do número de Coliformes Totais de 17 a 93% de eficiência de remoção, e eliminação de 100% da *E. coli* nos tratamentos G2, G3 e G4 quando comparado após a filtração. O fato de não haver a eliminação dos Coliformes Totais foi o fato da temperatura das garrafas não apresentarem temperaturas superiores a

60°C, devido a condição climática do dia, estando o céu com cobertura de nuvens, afetando assim a incidência de radiação solar sobre as garrafas e consequentemente diminuindo a sua eficiência de remoção (SILVA, 2004). Sendo assim o ensaio 2, não atendeu a Portaria da Consolidação n°5 de 2017, pois apresentou Coliformes Totais nos 4 tratamentos e *E. coli* apenas no tratamento 1

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados analisados nesse trabalho, a ação do sistema SODIS associado ao concentrador solar após o tratamento da água com a ação de coagulante orgânico *Moringa oleifera* foi eficiente para os ensaios 1 e 3 onde houve maiores valores de radiação solar e temperatura com resultados que atenderam a legislação vigente. Em relação aos diferentes tratamentos, a garrafa G3 (50% pintada voltada para baixo) apresentou uma maior eficiência em relação ao aumento da temperatura quando comparada aos tratamentos com garrafas pintadas G1 (100% pintada) e G2 (50% pintada voltada para cima). A garrafa G4 (sem pintura) apresentou uma temperatura inferior quando comparado aos outros tratamentos. A extração coagulante da semente de *Moringa oleifera* apresentou-se eficiente ao reduzir os valores dos parâmetros analisados como auxiliar ao processo de filtração e o processo de filtração em areia precedido da desinfecção foi primordial para o bom andamento do sistema SODIS em concentrador solar com a redução da turbidez e da cor verdadeira.

AGRADECIMENTOS

O autores gostariam de agradecer a Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR campus Londrina por disponibilizar a estrutura e ao Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Ibiporã – SAMAE pela parceria e apoio recebido no desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

APHA. 2012. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 22nd Ed.: American Public Health. Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC. 1935p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº888, de 4 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. Brasília, 2021.

CANGELA, G. L. C. de. 2014. Tratamento de água para consumo humano em comunidades rurais com utilização de Moringa oleifera e desinfecção solar. Dissertação de mestrado (Curso de Recursos Hídricos), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/00971612.pdf;sequence=1>>. Acesso em: 17 Abr. 2019. 153p.

CASTRO, J. E. 2016. O acesso universal a água é uma questão de democracia. Brasília: Ipea. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/1102/1/BRU_n15_Acesso.pdf>. Acesso em: 07 Abr. 2019. 8p.

DANIEL, L. A. 2001. Processos de Desinfecção e Desinfetantes Alternativos na Produção de Água Potável. São Carlos: Rima Artes e Textos. 149 p.

DI BERNARDO, L. 2003. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. Rio de Janeiro: ABES. 491p.

GONZÁLEZ, A., MARTIN, A., FONSECA, O. 1991. Desinfección solar del agua en México usando un concentrador solar de paredes planas. Seminario Internacional: Visión Integral en el Mejoramiento de la Calidad del Agua, pp. 1-7.

HERRERA, A. G. 2003. Desinfección Solar Del Agua, IMTA – Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico.

JANZ, F. J. L. 2018. Coagulantes orgânicos e inorgânicos aplicados no tratamento de efluente de indústria cervejeira. 2018. Graduação (Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/10851/1/LD_COEAM_2018_2_11.pdf>. Acesso em: 05 Mai. 2019. 60p.

MEIERHOFER, R.; WEGELIN, M. 2002. Sodis Manual: Guidance on solar water disinfection. Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology. Disponível em: <https://www.sodis.ch/methode/anwendung/ausbildungsmaterial/dokumente_material/manual_p.pdf>. Acesso em: 05 Mai. 2019. 88p.

SILVA, L. B. 2017. Coagulante orgânico Moringa oleifera como alternativa ao uso do coagulante inorgânico sulfato de alumínio no tratamento de água. Trabalho de Conclusão

de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina. 60p.

THEODORO, J. D. P. 2012. Estudo dos mecanismos de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano. Tese de doutorado (Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos), Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 184p.

UNICEF. 2017. Relatório Nacional Voluntário Sobre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasil: Secretária de Governo da Presidência da República e Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15801Brazil_Portuguese.pdf>. Acesso em: 22 Jun. 2019.