

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO MÉTODO SODIS COM E SEM O USO DE CONCENTRADOR SOLAR PARA DESINFECÇÃO DE ÁGUA DA CISTERNA LOCALIZADA NA ZONA RURAL DE ALAGOA NOVA – PB**

C. S. de OLIVEIRA<sup>1</sup>, Dr<sup>a</sup>. N. C. SOUZA<sup>1</sup>, Dr<sup>a</sup>. M. R. LUIZ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual da Paraíba, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental  
E-mail para contato: marciarluiz@yahoo.com.br

**RESUMO** – A ausência de um sistema de tratamento e distribuição de água nas zonas rurais das cidades faz com que se busquem fontes alternativas de água para o consumo humano. Objetivando melhorar a qualidade microbiológica da água, o método SODIS pode ser utilizado. Este é um método simples e fácil de ser aplicado, eliminando microrganismos utilizando radiação solar, com uso de garrafas PET transparentes. Este trabalho propôs o comparativo entre as eficiências e o tempo de inativação microbiológica das amostras da água que foram submetidas à desinfecção com e sem o uso do concentrador de raios solares. Foi possível observar que nas amostras que não fizeram uso do concentrador solar houve a diminuição da concentração microbiana na água, porém o tempo de 6 horas não foi suficiente para eliminar completamente os microrganismos contaminantes. Já as amostras que utilizaram o concentrador solar foram eliminados todos os termotolerantes e coliformes totais, em 4 horas, comprovando a eficiência do mesmo.

## **1. INTRODUÇÃO**

A importância do serviço de abastecimento de água público é grandemente reconhecida no sentido de promover a prevenção de doenças de veiculação hídrica e reduzir o índice de mortalidade relacionado ao consumo de água não potável. Segundo a ONU (2013), estima-se que um 1,6 bilhão de pessoas não tem acesso a um abastecimento de água suficiente, principalmente as que residem na zona rural das cidades. Realidade responsável pela morte de 17 mil crianças diariamente pelo mundo.

A implantação de Estações de Tratamento de Água e de sistemas de distribuição que atendam completamente a população é onerosa e requer profissionais capacitados para operá-las. Por esse motivo, uma parcela da população não é atendida por esse serviço, levando à busca de outras fontes alternativas de abastecimento de água, estas incluem poços, nascentes e a coleta de águas pluviais. Devido à ausência de tratamento da água adequado, alternativas são adotadas.

Para a desinfecção com o objetivo de produzir água para consumo humano deve garantir que seja isenta da presença de micro-organismos patogênicos e indicadores, cuja inativação é feita por meio de agentes físicos e/ou químicos (LIBÂNIO, 2008). Os agentes químicos são

compostos com potencial de oxidação, incluindo o cloro, dióxido de cloro e ozônio, são os mais usados na desinfecção da água. E os agentes físicos que apresentam ação referenciada à energia de radiação, destacando-se a fervura, a radiação ultravioleta e a radiação solar.

Uma opção para desinfecção utilizando energia solar é o método conhecido como SODIS ou Desinfecção Solar da Água (*solar water disinfection*), que usa o mecanismo de eliminação bacteriana pela incidência de raios solares. Segundo Wegelin (1994), com o uso desse método ocorre a inativação dos seguintes micro-organismos: *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella*, *Bacteriófago f2*, *Rotavírus*, *Encefalomiocardite* e *Oocistos de cryptosporidium SP*.

Além de ser uma alternativa simples e de baixo custo, a radiação solar é uma fonte limpa, renovável e abundante de energia, principalmente em áreas com temperaturas elevadas, podendo ser aproveitada em diferentes níveis em todo o mundo. Dependendo da localização geográfica, quanto mais perto do equador, mais energia solar pode ser potencialmente captada.

A luz solar emite as radiações solar infravermelha e ultravioleta, provocando a inativação de micro-organismos, portanto eficaz na desinfecção da água para consumo. A radiação infravermelha é responsável pela desinfecção através da elevação da temperatura da água, entre 60° e 70°C, conhecido como SOPAS (*solar pasteurization*). Tendo como vantagem a total eliminação dos micro-organismos e evitando seu recrescimento (RODRIGUES, 2011). Já a radiação ultravioleta penetra na parede celular e a energia dos fótons da radiação é absorvida pelas proteínas e pelo DNA da célula danificando a estrutura proteica e ocasionando uma alteração química no DNA. Desta forma, quando o DNA sofre divisão celular, esta não pode realizar metabolização e reproduzir-se, o que não podem causar doenças (MELÉNDEZ, 2011).

Desinfecção Solar da Água ou SODIS (*solar water disinfection*) foi estudada inicialmente por Acra *et al.* (1984 apud SOUZA, 2009) e aprimorada pelo instituto EAWAG, na Suíça e consiste em remover agentes patógenos da água armazenando-a em garrafas do tipo PET (polietileno tereftalato) transparentes e deixando-as expostas à luz solar durante o tempo de 6 horas, conforme descrito na Figura 1, aquecendo a água a uma temperatura em torno de 50°C, tendo eficiência de 100% na inativação de Coliformes totais e *E.coli* (PATERNIANI, 2005).



Figura 1: Método de desinfecção SODIS.

Fonte: SODIS (2013).

Devido o PET possuir menos aditivos que outros plásticos ele é preferido pelo menor potencial de contaminação da água. As garrafas PET possuem estabilizantes para conter a degradação devido à exposição aos raios UV, não sofrendo alterações nas características químicas quando testado em laboratório pelo período de 1100 horas de exposição (SILVA, 2004). A garrafa pode ser pintada de preto o que é justificado pelo princípio da radiação do corpo negro, a qual toda a radiação incidida não é refletida e sim, totalmente absorvida, contribuindo para o aumento da temperatura do sistema (CARRON e GUIMARÃES, 2006).

De acordo com SODIS (2013), 6 horas de exposição são necessárias para inativar os micro-organismos presentes na água. Visando reduzir o tempo de exposição da água e aumentar a eficiência do método, evitando o recrescimento bacteriano, o Instituto Mexicano de Tecnologia da Água, desenvolveu um concentrador de raios solares, feito de madeira e revestido de papel alumínio que tem o objetivo de reduzir o tempo de exposição de 6 para 4 horas.

Este é um procedimento técnico e economicamente viável para o tratamento de água em comunidades principalmente rurais e pobres que não têm acesso à água potável, tendo como referência de custo US\$3,00 por ano para uma residência de cinco pessoas utilizando garrafas PET. Essas características fazem com que o sistema tenha aceitação de 84% dos usuários de países em desenvolvimento, como Colômbia, Bolívia, Indonésia, Tailândia e China (SILVA, 2004) e seja recomendado pela ONU como um método viável para o tratamento de água doméstico e armazenamento seguro. Estima-se que mais de 5 milhões de pessoas tratam sua água desta forma, em 15 países da África, Ásia e América Latina (SODIS, 2013).

Com todo esse respaldo pretende-se com este estudo fazer uma avaliação da eficiência do método SODIS com e sem o uso de um concentrador, modificado, de raios solares, fazendo um comparativo do tempo de exposição e percentual de micro-organismos inativados em uma cisterna localizada na zona rural de Alagoa Nova – PB.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Local de Estudo e Materiais Utilizados**

As amostras de água utilizadas para realização das análises foram coletadas de uma cisterna localizada no povoado São Tomé de Cima, no Município de Alagoa Nova, Paraíba. O experimento foi realizado na cidade de Campina Grande, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, no Centro de Ciências e Tecnologia – CCT. As análises foram executadas no laboratório de alimentos, Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos – NUPEA.

Para o armazenamento das amostras de água, expostas ao sol, foram utilizadas garrafas PET de 2 litros na cor transparente, sendo metade delas lixadas e pintadas de tinta na cor preto fosco, totalizando sete garrafas, conforme a Figura 2. A parte não pintada da garrafa ficou exposta à radiação solar.



Figura 2 - Garrafa PET transparente pintada de preto.



Figura 3 - Concentrador solar.

O concentrador de raios solares, desenvolvido pelo Instituto Mexicano de Tecnologia da Água foi utilizado como princípio para confecção do concentrador solar em estudo, construído de madeira e revestido com papel alumínio. Na Figura 3 é apresentado o concentrador solar utilizado nos experimentos. Houve uma alteração na sua estrutura, fechando completamente as arestas laterais, ficando apenas a parte superior aberta para receber a radiação solar. As dimensões do concentrador foram obtidas de acordo com Silva (2004). Na Tabela 1 são apresentadas as medidas adaptadas.

Tabela 1 - Medidas adaptadas do concentrador solar

Medida da peça (cm)	Quantidade
Base = 67,66 x 55	1 unidade
Aletas = 47,66 x 35	2 unidades
Aletas = 35 x 35	2 unidades
Suportes triangulares = 8,5 x 15 x 17,5	8 unidades
Arestas = 22 x 32 x 32	4 unidades

## 2.2 Experimento

As amostras de água para ser submetida à desinfecção foram coletadas de uma cisterna no povoado São Tomé de Cima, no Município de Alagoa Nova – PB, no período da manhã, no dia 10 de fevereiro de 2014 às 8 horas, transportadas sob refrigeração até a UEPB para a execução

do experimento. A água é proveniente da chuva que cai sobre o telhado da casa, escoar pela calha e enche a cisterna.

A água coletada foi armazenada em garrafas PET de 2 litros, previamente lavadas. As garrafas foram expostas à radiação solar às 9 horas ( $T_0$ ), três delas usando o concentrador solar e três sem o uso do concentrador e um como padrão. Apesar do recomendado por Silva (2004) fosse que o concentrador ficasse inclinado 8 cm, optou-se pela não inclinação do mesmo, para não alterar a posição do concentrador, evitando que as aletas fizessem sombra sobre as garrafas, como apresentado na Figura 4 (a), sem o concentrador e (b) com o concentrador.



(a) Sem o concentrador solar      (b) Com o concentrador solar

Figura 4 - Garrafas expostas à radiação solar com e sem o uso do concentrador solar.

Após o tempo de amostragem de duas horas, às 11 horas ( $T_2$ ), duas garrafas foram recolhidas, uma exposta ao sol diretamente e outra que utilizou o concentrador solar, as mesmas foram submetidas imediatamente à análise microbiológica para a quantificação de Coliformes totais e termotolerantes. O mesmo procedimento foi repetido às 13 horas ( $T_4$ ) e às 15 horas ( $T_6$ ).

As análises foram realizadas de acordo com o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (APHA; AWWA; WEF, 2005). O método usado para a determinação de Coliformes totais e termotolerantes foi o de tubos múltiplos.

## 2.4 Cálculo para a Eficiência de Inativação de Micro-Organismos

Para o cálculo da eficiência de inativação de micro-organismos utiliza-se o Número Mais Provável final e inicial das amostras analisadas, como pode ser visto na Equação 1.

$$Eficiência (\%) = \frac{\left( \frac{NMP}{100mL_{inicial}} - \frac{NMP}{100mL_{final}} \right) \times 100}{NMP / 100mL_{inicial}} \quad (1)$$

Onde:

NMP = Número Mais Provável



### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O experimento foi realizado na cidade de Campina Grande, que está a 551m em relação ao nível do mar e latitude de 7° 13' 51" ao sul da linha do equador. A latitude influencia de acordo com a forma em que os raios solares atingem a Terra. Onde devido ao formato esférico da Terra, eles atuam com maior insolação no equador. Então a temperatura diminui com o aumento da latitude. Já a altitude exerce grande influência na temperatura, quanto maior a altitude, o ar se torna mais rarefeito e ocorre menor irradiação, causando menores temperaturas. O que pode influenciar positiva ou negativamente este estudo. A Tabela 2 apresenta as condições meteorológicas no dia do experimento.

Tabela 2 – Condições meteorológicas de Campina Grande no dia do experimento

<b>Dados Meteorológicos de Campina Grande no dia 10/02/2014</b>										
<b>Hora</b>	<b>Temperatura (°C)</b>			<b>Umidade (%)</b>			<b>Pressão (hPa)</b>			<b>Radiação(kJ/m²)</b>
	Inst.	Máx.	Mín.	Inst	Máx.	Mín	Inst.	Máx.	Mín.	
<b>To</b>	20,6	20,8	20,4	94	95	94	952	952	951,4	65,75
<b>T2</b>	23,5	23,9	22,3	78	91	76	952,9	952,9	952,6	1559
<b>T4</b>	26,7	27,1	25,1	62	68	61	952,5	953,1	952,5	2520
<b>T6</b>	29,2	30,3	27,7	49	57	47	951,3	951,8	951,3	2795

Fonte: AESA (2014).

Com a Tabela 2 pode-se verificar que ocorrem o máximo de temperatura no último ponto de estudo, às 15 horas (T<sub>6</sub>), com menor umidade relativa e maior radiação solar. Sendo estas condições mais adequadas para a realização do experimento.

Através da técnica dos tubos múltiplos tornou-se possível quantificar o número de coliformes totais e termotolerantes eliminados durante o processo, os valores encontrados podem ser verificados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Número Mais Provável de Coliformes totais (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS

<b>Tempo (h)</b>	<b>Coliformes Totais</b>	
	<b>Combinação de Número mais provável por 100mL positivos</b>	
	<b>Sem Concentrador</b>	<b>Com Concentrador</b>
0	5-5-5 2400,0	5-5-5 2400,0
2	5-5-4 1600,0	5-5-4 1600,0
4	2-1-0 6,8	0-0-0 0,0
6	2-0-0 4,5	0-0-0 0,0

De acordo com a Tabela 2, pode-se verificar que para os tempos de amostragem de 4 e 6 horas todos os tubos contendo amostras que usaram o concentrador foram negativos para Coliformes totais. Já sem o uso do concentrador solar, o tempo de 4 horas não foi suficiente para

eliminá-los totalmente. Nas 6 horas, verificou-se a redução da quantidade de micro-organismos presentes na amostra, mas não a sua eliminação completa, contradizendo Silva (2004), que indica que de 6 horas seria o suficiente para eliminar completamente bactérias do grupo coliforme. No tempo  $T_0$ , a densidade microbiológica foi superior a 1600 Coliformes totais / 100mL.

Tabela 3 - Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS

Tempo (h)	Coliformes termotolerantes	
	Combinação de Número mais provável por 100mL positivos	
	Sem Concentrador	Com Concentrador
0	5-5-5 2400,0	5-5-5 2400,0
2	5-5-2 540,0	5-5-2 540,0
4	2-0-0 4,5	0-0-0 0,0
6	1-0-0 2,0	0-0-0 0,0

De acordo com a Tabela 3, pode-se verificar que para os tempos de amostragem de 4 e 6 horas todos os tubos contendo amostras que usaram o concentrador foram negativos para Coliformes termotolerantes. O comportamento sem o uso do concentrador solar para o tempo de 4 e 6 horas foi semelhante ao de Coliformes totais, não sendo suficiente para eliminá-los totalmente.

As eficiências da desinfecção do método SODIS com e sem o uso do concentrador solar foi realizadas utilizando a Equação (1) e os resultados podem ser verificados na Tabela 4.

Tabela 4 - Eficiência dos sistemas com e sem o concentrador solar para Coliformes totais e termotolerantes (NMP/100mL)

	Eficiência (%)	
	Coliformes Totais	Coliformes termotolerantes
Com concentrador	100,00	100,00
Sem concentrador	99,81	99,91

Pode-se verificar, de acordo com a Tabela 4, que o uso do concentrador solar favorece a inativação de Coliformes totais e termotolerantes. O resultado atende a Portaria N°2914/2011 do Ministério da Saúde, que retrata o padrão microbiológico da água para consumo humano a ausência tanto de Coliformes totais quanto de termotolerantes, para 100mL de amostras, o que foi obtido após 4 horas de exposição das amostras com o concentrador solar.

## 4. CONCLUSÃO

Foram realizados experimentos e análise microbiológica utilizando o método SODIS com e sem o uso de concentrador solar. Com isso pôde-se observar que a desinfecção utilizando o

concentrador solar atendeu às expectativas, eliminando completamente Coliformes totais e termotolerantes reduzindo em 2 horas o tempo de exposição solar, sendo mais eficiente que o teste realizado sem o uso do concentrador solar. Este, por sua vez, reduziu a concentração microbiana do sistema, mas não eliminou totalmente a presença de Coliformes totais e termotolerantes, contidos nas amostras.

Comparando os resultados com a legislação vigente, que dispõe sobre o padrão de potabilidade da água, o ideal é proceder com a desinfecção utilizando o concentrador de raios solares, pois este elimina completamente micro-organismos indicadores de contaminação fecal.

O método SODIS é viável para ser implementado em áreas que não sejam atendidas pelo sistema de abastecimento público e registrem altas temperaturas, características presentes nas comunidades rurais do semiárido paraibano.

## 5. REFERÊNCIAS

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: < <http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2014.
- APHA, AWWA. WPCF. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 15ed. Washington, D.C American Public Health Association, American Water Works Pollution Control Federation, 1995.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria 2.914 de Dezembro de 2011*. Dispõe sobre procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Ministério da Saúde, 2011.
- CARRON, W.; GUIMARÃES, O.. As Faces da Física. 2 ed. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2006.
- MELÉNDEZ, G. S.. Desinfecção de efluente sanitário por radiação UV e gama: efeitos na inativação de Ovos de ascaris spp. Belo Horizonte – MG, 2011.
- ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (2013). Disponível em:< <http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.
- PARTENIANI, J. E. S.; SILVA, M. J. M.. Uso de garrafas pet e energia solar na desinfecção de águas em comunidades rurais. Espírito Santo do Pinhal, 2005.
- RODRIGUES, D. G.. Desinfecção da água por pasteurização solar (SOPAS) em comunidades rurais. Campinas – SP, 2011.
- SILVA, M. J. M. da. Desinfecção de Água utilizando Energia Solar (SODIS): Inativação e Recrescimento Bacteriano. Campinas – SP, 2004.
- SODIS (2013). Disponível em: < [http://www.sodis.ch/index\\_EN](http://www.sodis.ch/index_EN)>. Acesso em 14 de janeiro de 2014.
- SOUZA, H. H. S.; PAULO, P. L.. Avaliação da Desinfecção Solar (SODIS) de água cinza. Campo Grande – MS, 2009.
- WEGELIN, M., et al. Solar Water Disinfection: Scope on Process and Analysis of Radiation Experiments, Journal of Water Supply: Research and Technology - Aqua, 1994.