



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **TRATAMENTO DE ÁGUA ATRAVÉS DA RADIAÇÃO SOLAR EM COMUNIDADES RURAIS DO CURIMATAÚ ORIENTAL PARAIBANO**

*Yuri Tomaz Neves<sup>1</sup>; Laércio Leal dos Santos<sup>2</sup> & Bruno Menezes da Cunha Gomes<sup>3</sup>*

**RESUMO** – A população do Curimataú oriental paraibano é acometida com a escassez de água em razão da seca prolongada e dos reduzidos índices pluviométricos. Como solução, os habitantes dessa localidade utilizam água de poços e cisternas, cuja qualidade dificilmente é avaliada. Sem o tratamento prévio, essa água chega a provocar doenças, advindas de microrganismos como coliformes fecais. O presente artigo tem como objetivo verificar a eficácia de um sistema inovador de tratamento de água utilizando radiação solar. Para aplicação da técnica foi elaborado um protótipo constituído por um garrafão de água, uma placa de zinco e uma mangueira. A água a ser tratada foi armazenada no garrafão e utilizando a mangueira sobre a placa de zinco, foi exposta a radiação solar. Como resultado para as seis primeiras horas de exposição verificou-se uma inativação bacteriológica de 90%, uma redução de 78,18% nos sólidos totais dissolvidos e um aumento de 2,34% no pH, o que conforme a literatura, torna o sistema eficaz. Também foi verificado uma diminuição do pH com o passar dos dias, o que conforme a resolução 2.914/2011 só torna a técnica viável nos oitos primeiros dias de exposição.

**ABSTRACT** – The population of the eastern Curimataú Paraíba is affected by water shortages due to prolonged drought and reduced rainfall. As a solution, the inhabitants of the locality use of cisterns and wells, whose water quality is rarely assessed. Without pretreatment, the water comes to cause disease, resulting from microorganisms such as fecal coliforms. This paper aims to determine the effectiveness of an innovative system of water treatment using solar radiation. For a prototype implementation of the technique consists of a jug of water, a plate of zinc and a hose was prepared. The water to be treated was stored in the paint and using the hose over the zinc plate was exposed to solar radiation. As a result for the first six hours of exposure there was a 90% inactivation of bacterial, a reduction of 78.18% in total dissolved solids and 2.34% increase in pH, which according to the literature, the system becomes effective. It was also shown a decrease in pH over the days, which according to Resolution 2.914/2011 only makes the technique feasible in the eight first days of exposure.

**Palavras-Chave** – Radiação solar. Sustentabilidade.

1) Graduando em Engenharia Civil UEPB/Campus VIII, Fone: (83) 9941-4851, E-mail: yuutomaz@gmail.com

2) Doutor em Engenharia Civil UEPB/Campus VIII, Fone: (83) 3373-1040, E-mail: laercioeng@yahoo.com.br

3) Graduando em Engenharia Civil UEPB/Campus VIII, Fone: (83) 3373-1040, E-mail: brunomenezes03@hotmail.com

## **1. INTRODUÇÃO**

No Brasil, principalmente na região Nordeste, um grande número de pessoas não tem acesso à água tratada, e a maior parte da água distribuída em áreas rurais não é desinfetada, expondo os usuários a consideráveis riscos de saúde. Insere-se aí uma problemática relacionada aos poços artesianos, os quais representam um grande número como forma de garantir água e sustentabilidade. Muitos desses poços são construídos próximos de fossas sépticas, onde pode haver o contato da matéria orgânica com água (lençol freático), podendo ocasionar a contaminação. O consumo dessa água pode causar várias doenças, como exemplos, a cólera e a diarreia, dentre outros.

Para evitar as doenças ocasionadas através da veiculação hídrica nas regiões que não tem água tratada, faz-se necessário buscar um sistema de tratamento de água alternativo que possa atender as necessidades e que reduza os custos de implantação e operação, oferecendo condições de saneamento satisfatórias.

A escolha do tipo de tratamento adequado para água de abastecimento dependerá de fatores econômicos, sociais, geográficos e da qualidade físico – química e microbiológica da água a ser tratada.

Para atender a esta diversidade, vários estudos nacionais e internacionais de métodos alternativos de tratamento de água estão sendo realizados. Um desses métodos é a desinfecção solar da água que é uma ótima opção de baixo custo e que não necessita de alta tecnologia para implantação, principalmente se tratando de uma região que possui uma maior incidência de radiação do país.

Nesse sentido, foi desenvolvido um sistema inovador que utiliza a radiação solar, cujo objetivo é verificar a melhoria da qualidade da água em um poço instalado próximo ao Campus, situado numa região de grandes altitudes, semiárida, onde o recurso hídrico é bastante escasso.

## **2. REFERÊNCIAL TEÓRICO**

Geldreich e Craun (1996) afirmam que o maior impacto da redução da qualidade das águas no tocante à saúde pública ocorre através de seu consumo. Este problema pode ser resultante do lançamento de vários tipos de águas residuárias, sendo os dejetos de origem humana e animal os fatores que mais contribuem com os agentes de doenças relacionadas com a água.

Presumi-se que 80% das doenças e mais de um terço dos problemas ocorridos nos países da América Latina estão associados com a água e que nada menos que um décimo do tempo de produtividade de um indivíduo é arruinado em consequência dessas doenças (Galal-GORCHEV, 1996).

Em relação ao acesso da população a água tratada, Wegelin *et al.* (1994), afirma que ao menos um terço da população dos países em desenvolvimento não tem acesso a abastecimentos de água seguros e confiáveis, e que grande parte dessa parcela está localizada na zona rural, nos pequenos municípios e nas zonas marginalizadas dos grandes centros urbanos.

Nesse contexto Wegelin *et al.* (1994), sugerem que para fornecer água para esses locais, sejam reduzidos os custos dos sistemas de abastecimento de água através do uso de tecnologias apropriadas e de baixo custo, instalando sistemas cuja operação e manutenção possam ser gerenciadas e sustentadas com recursos locais.

Para que um agente desinfetante, seja empregado no tratamento de água de abastecimento, deve-se satisfazer os seguintes critérios Reiff e Witt (1995): (1) Desativar, dentro de um tempo limite, os números e classes de organismos patogênicos presentes na água; (2) Determinar de forma precisa, rápida, fácil a sua concentração, sendo possível executá-la tanto em campo como no laboratório; (3) Ser possível aplicá-la dentro de uma grande faixa de condições exibidas pelas águas; (4) Produzir resíduos resistentes a fim de evitar que a água no sistema de distribuição seja contaminada novamente; (5) Não ser tóxica ao ser humano ou produzir substâncias tóxicas fora dos limites estabelecidos na legislação, não deve também ter a capacidade de alterar a aceitabilidade da água pelo consumidor; (6) Ser razoavelmente fácil e seguro de aplicar e manejar; (7) O custo dos equipamentos, do produto, da instalação e manutenção deve ser razoável.

Oliveira (2009) afirma que na prática não existe um desinfetante ideal, ou seja, que atenda a todos os critérios, cada um apresenta vantagens e desvantagens em função das condições características de sua utilização, dependendo assim, da qualidade da água a ser desinfetada, ou seja, características físicas, químicas e grau de contaminação microbiológica, das condições de projeto, operação e manutenção das unidades para que com isso ocorra uma otimização dos resultados.

Diversos agentes para tratamento de água atualmente são utilizadas, dentre eles destacam-se o ozônio, o cloro, a radiação ultravioleta (UV) e a fervura da água que apesar do elevado consumo de energia, também é bastante utilizada nas residências.

Segundo Daniel (2001) a radiação ultravioleta ao contrário dos agentes desinfetantes químicos tradicionais, atua por meio físico, atingindo principalmente os ácidos nucleicos dos micro-organismos, promovendo assim reações fotoquímicas que inativam os vírus e as bactérias.

De acordo com Souza (2000), as vantagens na escolha da radiação como agente desinfetante em tratamento de água são:

- É efetiva para uma grande variedade de vírus e bactérias, utilizando-se doses relativamente pequenas;
- Minimiza os riscos à saúde (a formação de subprodutos é mínima);

- Não confere residual, como o cloro, o qual poderia reagir com substâncias orgânicas;
- Aceitação e segurança dos operadores e do público, visto que nenhum produto tóxico é transportado, armazenado ou manuseado;
- É simples, possuindo baixos custos de operação e manutenção;
- Pouco tempo de contato, conseqüentemente, não necessita de grandes tanques de contato.

Sendo as Desvantagens:

- Se uma dose subletal for empregada, necessita de correção dos possíveis danos provocados ao DNA dos microrganismos;
- A matéria em suspensão ou dissolvida diminui a intensidade de radiação quando esta atravessa a lâmina líquida;
- Não confere residual à água distribuída.

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa realizada no campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba tem como metodologia a exposição da água à radiação solar, utilizando uma mangueira transparente sobre uma placa de ZINCO.

A priori, foi selecionada a água do poço localizado próximo a uma Estação Elevatória de Esgoto (EEE), às margens da PB 111, com coordenadas UTM na zona 25 N197724 e E9276963 e altitude de 568 metros, para ser analisada.

Em seguida, foi definido o tamanho da placa de zinco a utilizar. As medidas foram adotadas levando em consideração tanto o tamanho da placa como o diâmetro e o comprimento do conduto, os quais determinam o volume de água tratada no período de exposição. A medida adotada para o nosso protótipo foi de  $1 m^2$ . Com as dimensões da placa já definida, utilizando pregos, fixamos uma moldura de madeira ao seu redor, no lado oposto, da placa de zinco para deixar a estrutura mais estável e preparada para suportar o peso da água. A mangueira utilizada possui 5/8 de polegadas e 10 metros de comprimento, foi utilizada fita adesiva para fixa-la em forma de “ziguezague” sobre o zinco.

Definimos como reservatório um garrafão de água de 20 litros, onde na parte superior utilizando uma serra, abrimos um orifício para facilitar o manuseio na instalação de uma torneira que seria conectada ao conduto. Na parte superior do garrafão, onde foi aberto o orifício, foi utilizado um CAP de 100 mm (Figura 1), buscando o não contato direto da água do garrafão, com o meio externo.



Figura 1 – Garrafão de 20 litros com CAP de 100 *mm*

Após todo o processo de montagem, instalamos o sistema em locais de maior aproveitamento de incidência solar colocando o garrafão de água, com a água não tratada em nível elevado ao da placa, de maneira que o líquido possa fluir por gravidade passando pelo conduto até chegar à outra extremidade (Figura 2).



Figura 2 – Protótipo montado e instalado

Com o protótipo montado e instalado, foi realizado inicialmente um coleta da água *in natura* utilizando um Becker de 100 *ml* para transporte do líquido até o laboratório de química da Universidade, local onde foram realizadas as medições do pH. Inicialmente ficou decidido que esse processo se repetiria dia após dia, às 17:00h exceto aos sábados e domingos, podendo sofrer alterações, de acordo com os resultados. Além do pH medimos também a temperatura da água, e em seguida os dados foram registrados e salvos em uma planilha do software computacional Microsoft Excel. Para medição do pH foi utilizado o PHMETRO TECNOPON mPA 210, onde antes da medição era realizado todo processo de calibragem do equipamento.

Para obter os dados referentes a temperatura ambiente e radiação solar utilizamos a estação hidroclimatologica, que está situada no campus VIII da Universidade Estadual da Paraíba (Figura 3), onde com os dados fornecidos foi calculada uma média para cada período de análise, visto que o equipamento fornece dados para tais parâmetros de cinco em cinco minutos.



Figura 3 – Estação Hidroclimatológica instalada no campus VIII da UEPB

## 4. RESULTADOS OBTIDOS

### 4.1 Pesquisa pioneira

Há um ano, foi realizado um estudo pioneiro, onde se utilizou a mesma metodologia, alterando apenas o período de análise e a quantidade de parâmetros analisados. A água foi exposta das 09:00h às 15:00h, cujo conforme os dados da estação climatológica é o horário que apresenta maior incidência solar. Os dados da estação apontaram um valor médio para radiação solar de 366,7W/m<sup>2</sup> e para a temperatura de 29,4°C referente a esse intervalo de tempo. Com isso foram realizadas duas análises, uma da água *in natura* e outra após o processo, obtendo assim:

Tabela 1 - Análise físico-química e microbiológica

Parâmetros	Padrão	<i>In natura</i>	Após o Processo
pH	4 a 10	5,12	5,24
Cloretos (mg/L)	250	102,84	80,15
Dureza (mg/L)	500	63	210,5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	1000	190,5	41,56
Aspecto	Límpida	Turva	Límpida
Coliformes a 35°C NMP/ml (ml)	Ausência 100 ml	>16	>16
Coliformes a 45°C NMP/ml (ml)	Ausência 100 ml	9,2	5,1
Bactérias Heterotróficas UFC/ml	5x10 <sup>2</sup>	7,6 x 10 <sup>4</sup>	6,9 x 10 <sup>3</sup>
Pesquisa de Salmonela	Ausência 25ml	Ausência	Ausência

Através dos resultados apresentados na Tabela 1 foi possível verificar eficácia do sistema uma vez que forneceram valores satisfatórios e bem próximos da literatura. Um exemplo foi à análise bacteriológica, cuja eficiência de inativação bacteriológica pelo sistema foi de 90% contra 98% apresentado na literatura.

Na análise dos sólidos totais dissolvidos houve uma redução de 78,18 %. Na dureza e cloretos não houve uma redução significativa sendo necessário um maior tempo de exposição e mais análises para verificar a tendência dos mesmos.

Também foi observado um aumento de 2.34% no valor do pH, o que propicia uma melhora na qualidade da água, uma vez que a água antes do tratamento possuía maiores índices de acidez e com o sistema chegou a diminuir.

#### 4.2 Pesquisa atual

Nessa etapa da pesquisa esta sendo estudado o comportamento dos parâmetros analisados na pesquisa pioneira com o passar dos dias. O parâmetro analisado até o momento foi o pH.

As análises do pH foram realizadas entre os dias 6 de fevereiro e 14 de março. Entre os dias 6 e 27 de Fevereiro, as análises foram realizadas dia após dia. No intervalo entre os dias 27 de Fevereiro e 14 de março, decidiu-se realizar análises semanais visto que a partir do dia 17 de Fevereiro, o valor do pH se manteve praticamente constante.

Tabela 2 – Análise do pH

Data	PH	Temperatura da Água (°C)	Temperatura Ambiente (°C)	Radiação Solar (W/m <sup>2</sup> )
06/02/2014	6,65	33,5	23,3	209
07/02/2014	6,63	33,8	23,4	195,9
08/02/2014	-	-	23,6	204,1
09/02/2014	-	-	23,5	206,2
10/02/2014	6,35	29,5	23,8	228,1
11/02/2014	6,22	28,8	23,6	202,2
12/02/2014	6,27	28,8	23,4	227,4
13/02/2014	6,01	29	24	229,5
14/02/2014	5,76	28,4	23,8	203,8
15/02/2014	-	-	24,1	208,1
16/02/2014	-	-	22,9	136,2
17/02/2014	5,85	28,7	23,1	163,8
18/02/2014	5,74	27,4	22,7	213,3
19/02/2014	5,8	26,6	22,7	127,8
20/02/2014	5,76	26,9	23,8	226,7
21/02/2014	5,72	27,9	23,5	177,8
22/02/2014	-	-	23,1	181,6
23/02/2014	-	-	23,4	202,5
24/02/2014	5,77	27	22,1	100,6
25/02/2014	5,88	30,1	23,4	247,6
26/02/2014	5,94	28,8	23,6	240,3
27/02/2014	5,78	30,2	23,7	251
28/02/2014	5,75	29,5	23,8	257,9

01/03/2014	-	-	23,8	207,9
02/03/2014	-	-	24,1	242
03/03/2014	-	-	24,3	234
04/03/2014	-	-	24,2	219
05/03/2014	-	-	24,1	244,8
06/03/2014	-	-	23,6	218,3
07/03/2014	4,74	27,3	23,8	195,7
08/03/2014	-	-	24	204,3
09/03/2014	-	-	24,6	249,9
10/03/2014	-	-	23,9	214,6
11/03/2014	-	-	24,8	234,1
12/03/2014	-	-	22,5	130,6
13/03/2014	-	-	22	90,9
14/03/2014	4,44	28,8	21,6	76,9
MÉDIA			23,5	200,1

Utilizando a ferramenta computacional OriginPro 8, foram plotados todos os valores de pH no decorrer do período de análise, para uma melhor visualização de sua variação:

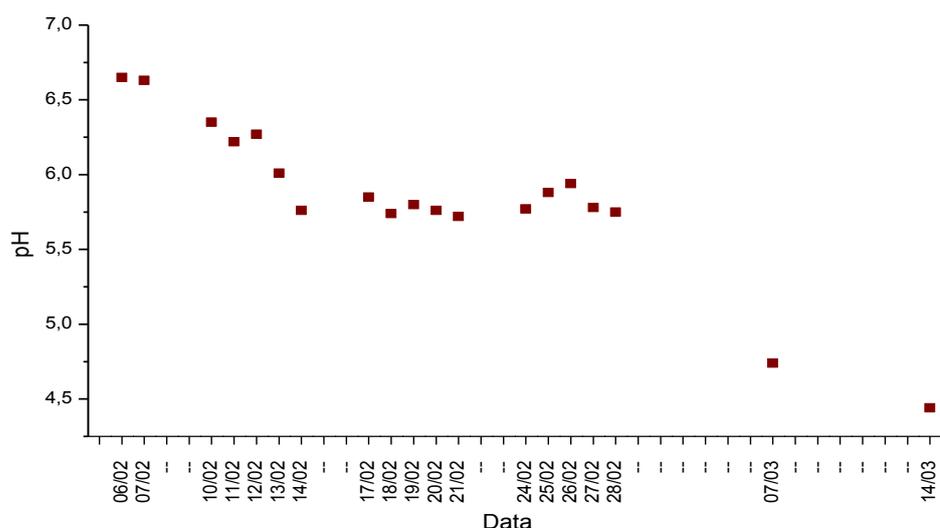


Figura 4 – Gráfico com a variação do pH

Através de uma análise no gráfico da Figura 4 foi verificado, que no decorrer do período em análise o pH sofreu várias alterações, com forte tendência a diminuir, chegando a diminuir cerca de 33,23% no período total da análise. Foi verificado também que os intervalos onde ocorreu uma notável diminuição do pH foram entre os períodos 06/02 à 14/02 e 28/02 à 14/03, ao contrário do período de 14/02 à 28/02 onde seu valor se manteve praticamente constante.

A diminuição do pH indica um aumento na acidez da água, prejudicando sua utilização para consumo humano, pois conforme a Resolução 2.914/2011 o valor adequado para o pH é da ordem

de 6 a 9,5. Portanto para que a técnica de tratamento de água seja viável, levando em consideração apenas o valor do pH, devemos aplica-la no máximo, nos oito primeiros dias de exposição.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos resultados obtidos é possível inferir que o sistema para um curto período de tempo, aproximadamente seis horas, é bastante eficaz na eliminação ou minimização dos poluentes físico-químicos e bacteriológicos presentes na água.

Para longos períodos, considerando apenas o pH, o sistema não é recomendável, pois como verificado a acidez da água irá aumentar com o passar dos dias, chegando a ultrapassar o valor estabelecido na Resolução 2.914/2011.

A pesquisa ainda está em andamento, cuja na próxima etapa será realizada uma análise mais detalhada de outros parâmetros da água, buscando verificar seus respectivos comportamentos ao longo dos dias com a aplicação da técnica.

Dos dados obtidos, faz-se necessário estimular o uso desse equipamento nas pequenas comunidades rurais que se abastecem através de águas sem nenhum tratamento prévio. Explicando o seu funcionamento e mostrando não só os seus benefícios como também suas limitações. Dessa forma, essa tecnologia de baixo custo pode ser ampliada para as demais comunidades rurais, tratando a água das cisternas, poços, pequenos barreiros, entre outros, contribuindo com isso, para o desenvolvimento sustentável e melhoria da saúde de diversas famílias.

## BIBLIOGRAFIA

BRASIL. PORTARIA MS nº 2914/2011 – “*Normas de Qualidade da Água para Consumo Humano*”, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Brasília, Editora do Ministério da saúde, 2011.

DANIEL, L.A. et al., 2001, “*Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável*”, 1 ed. São Carlos, Rede Cooperativa de Pesquisas – PROSAB.

GALAL-GORCHEV (1996) “*Desinfección del agua potable y subproductos de inter's para la salud*”. In: La Calidad del Agua Potable en America Latina: Ponderación de los Riesgos Microbiológicos contra los Riesgos de los Subproductos de la Desinfección Química, Editado por Craun, G.F. e Castro, R., 89-100. ILSI Press, Washigton, EUA.

GELDREICH, E.E. e CRAUN, G.F. (1996) “*Barreras múltiples para la protección y el tratamiento del abastecimiento de agua potable: un método probado de prevención de la propagación de las enfermedades transmitidas por el agua*”. In: *La Calidad del Agua Potable en America Latina: Ponderación de los Riesgos Microbiológicos contra los Riesgos de los Subproductos de la Desinfección Química*, Editado por Craun, G.F. e Castro, R., 1-6. ILSI Press, Washigton, EUA.

OLIVEIRA, Silvestre Zechinelli de. “*Adaptação de equipamento de geração de gases oxidantes para aplicação na desinfecção de água*”. 2009. 69 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

SOUZA, Jeanette Beber de; SARTORI, Luci; DANIEL, Luiz Antonio. “*Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta*”. XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000.

WEGELIN, M.; CANONICA, S.; MECHSNER, K.; FLEICHMMAN, T.; PESARO, F.; e METZLER, A. (1994) Solar Water Disinfection: Scope on the Process and Analysis of Radiation Experiments. “*J. Water SRT-Aqua*”, Vol.43(3), pp.154-169. 1994.