



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

**CAMILA SILVA DE OLIVEIRA**

**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 ALGOA NOVA – PB**

**CAMPINA GRANDE – PB  
2014**

## **CAMILA SILVA DE OLIVEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado a Coordenação do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Márcia Ramos Luiz

CAMPINA GRANDE - PB  
2014

O48a Oliveira, Camila Silva de.

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 [manuscrito] / Camila Silva de Oliveira. - 2014.

42 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2014.

"Orientação: Profa. Dra. Márcia Ramos Luiz, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Concentrador Solar. 2. Desinfecção de água. 3. SODIS. 4. Tratamento de água. I. Título.

21. ed. CDD 628.3

CAMILA SILVA DE OLIVEIRA

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

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado a Coordenação do Curso de  
Engenharia Sanitária e Ambiental da  
Universidade Estadual da Paraíba como  
requisito parcial para a obtenção do Título  
de Bacharel em Engenharia Sanitária e  
Ambiental.

APROVADO EM: 12 / 03 / 2014.

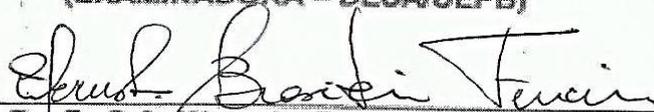
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Márcia Ramos Luiz  
(ORIENTADORA – DESA/UEPB)



Prof. Dr. Ligia Maria Ribeiro Lima  
(EXAMINADORA – DESA/UEPB)



Prof. Dr. Weruska Brasileiro Ferreira  
(EXAMINADORA – DESA/UEPB)

## DEDICATÓRIA

A minha família, que contribuiu para a conquista desse objetivo, dando apoio, assistência e amparo. Principalmente aos meus pais, pelos exemplos e conselhos dados, mostrando a importância dos estudos, para meu crescimento não só profissional, mas como ser humano.

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe Maria Clara, que tanto me incentivou durante minha vida acadêmica, sendo um exemplo pra mim no empenho pelos estudos, na busca da conquista dos sonhos e por se fazer presente nos momentos difíceis.

Ao meu pai Novarck, que mesmo distante contribuiu dando incentivo, se mostrando preocupado com meu futuro, acreditando no meu esforço.

Aos meus irmãos e cunhado, Carolina, Cainã e Ítalo, que com gestos e palavras colaboraram para que eu obtivesse êxito na concretização de mais um objetivo.

A minha família, avôs, tias e primos que desejaram meu sucesso.

A Caio, que apesar de estar a pouco tempo presente em minha vida contribui e muito para minha felicidade e está sempre solícito a me ajudar.

Aos meus amigos de curso, Emanuela e Geraldo, que percorrem comigo a mesma caminhada e estão sempre presentes nos momentos de preocupações e sorrisos.

A dona Celina Pereira, que se prontificou a ceder amostras de água de sua propriedade para o estudo realizado neste trabalho.

As pessoas, que tanto demonstraram interesse no meu enriquecimento de conhecimento e crescimento profissional. Em especial a Professora Márcia Ramos, que me orientou com tanto empenho nessa etapa final do curso. A Técnica Elaine Pereira que me acompanhou e ajudou durante as análises.

As coordenadoras do meu curso de Engenharia Sanitária e Ambiental Celeide Sabino e Weruska Brasileiro, e todos os professores e funcionários do Departamento do curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Centro de Ciências e Tecnologia.

Enfim, sou grata a todos que contribuíram na conclusão do curso e deste trabalho. Obrigada!

## RESUMO

A importância do serviço de abastecimento de água público na melhoria da qualidade física, química e biológica da água 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. Esses casos são mais frequentes nas zonas rurais das cidades, onde uma pequena parcela da população possui seus domicílios ligados à rede geral de abastecimento, se valendo então de outras fontes de água, que quase sempre são impróprias para o consumo humano. Objetivando melhorar a qualidade microbiológica da água, alternativas como o SODIS estão sendo adotadas. Este método consiste em eliminar micro-organismos utilizando radiação solar, bastando armazenar a água em garrafas PET transparente e deixá-las expostas ao sol por cerca de 6 horas. Visando evitar o recrescimento bacteriano e reduzir o tempo de exposição, o Instituto Mexicano da Tecnologia da água, propôs o uso de um concentrador de raios solares. Este trabalho propôs uma adaptação deste método e a realização de um comparativo entre as eficiências e o tempo de inativação microbiológica das amostras da água, provenientes de cisterna, que foram submetidas à desinfecção com e sem o uso do concentrador solar. Foi possível observar que em 4 horas foram eliminados todos os Coliformes totais e termotolerantes nas amostras que utilizaram o concentrador solar. Nas amostras que não usaram o concentrador solar houve a diminuição da concentração microbiana na água, porém o tempo de 6 horas não foi suficiente para eliminar completamente Coliformes totais e termotolerantes.

**PALAVRAS-CHAVES:** SODIS, concentrador solar, desinfecção.

## **ABSTRACT**

The importance of public water supply service in the improvement physical quality, chemical and biological water is widely recognized to promote the prevention of waterborne diseases and reduce the index related mortality to the consumption of drinking water. Such cases are more common in rural areas of cities, where a small portion of the population has its households connected to the water supply system, the use of other water sources, which are often unsuitable for human consumption. Aiming to improve the microbiological water quality, alternatives such as SODIS are being adopted. This method consists in eliminating microorganisms using solar radiation, simply storing water in PET bottles transparent and leaves them exposed to the sun for about 6 hours. Aiming to prevent bacterial regrowth and reduce the exposure time, the Mexican Institute of Water Technology, proposed the use of a concentrator solar rays. This paper proposed an adaptation of this method and the achievement of the comparison between the efficiencies and time of microbiological inactivation of samples of water from tank, which were subjected to disinfection with and without the use of solar concentrator. It was observed that in 4 hours they were removed all thermotolerante and total Coliforms in samples that used solar concentrator. In samples that not used the solar concentrator, there a decrease in microbial concentration in the water, but the time of 6 hours was not enough to completely eliminate thermotolerant and totals.

**KEYWORDS:** SODIS, solar concentrator, disinfection.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Formas de abastecimento de água no estado da Paraíba.....	5
Figura 2: Município de Alagoa Nova – PB.....	6
Figura 3: Fontes alternativas de abastecimento de água no povoado São Tomé, Alagoa Nova.....	6
Figura 4: Cisterna de placas construída no povoado São Tomé de Cima no município de Alagoa Nova – PB.....	7
Figura 5: Espectro visível da luz solar.....	11
Figura 6: Ação da radiação UV na bactéria.....	12
Figura 7: Método de desinfecção SODIS.....	13
Figura 8: Concentrador solar.....	14
Figura 9: Garrafa PET transparente pintada de preto.....	16
Figura 10: Concentrador solar.....	17
Figura 11: Execução do experimento: garrafas expostas à radiação solar com e sem o uso do concentrador solar.....	18
Figura 12: Etapas da condução do experimento.....	19
Figura 13: Número Mais Provável de Coliformes totais (NMP/100mL) contidos na amostra após desinfecção pelo método SODIS.....	23
Figura 14: Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos na amostra após desinfecção pelo método	24

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Principais micro-organismos relacionados às doenças de veiculação	4
Tabela 2: Medidas adaptadas do concentrador solar.....	17
Tabela 3: Condições meteorológicas de Campina Grande no dia do experimento.....	21
Tabela 4: Número Mais Provável de Coliformes totais (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS.....	22
Tabela 5: Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS.....	23
Tabela 6: Eficiência dos sistemas com e sem o concentrador solar para Coliformes e termotolerante (NMP/100mL).....	25

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AESA</b>	Agência Executiva de Gestão das Águas da Paraíba
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>DEC</b>	Departamento de Engenharia Civil
<b>EAWAG</b>	Instituto Federal Suíço de Ciência e Tecnologia Aquática
<b>IAG</b>	Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IMTA</b>	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
<b>NUPEA</b>	Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos
<b>ONU</b>	Organização das Nações Unidas
<b>PET</b>	Politereftalato de etileno
<b>UNICEF</b>	United Nations Children's Fund
<b>UFCG</b>	Universidade Federal de Campina Grande
<b>SODIS</b>	Solar Water Disinfection
<b>SOPAS</b>	Solar Pasteurization
<b>USP</b>	Universidade de São Paulo

## LISTA DE SÍMBOLOS

**NMP**

Número Mais Provável

**NTU**

Unidades Nefelométricas de Turbidez

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>2.1 Objetivo Geral</b> .....	3
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	3
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	3
<b>3.1 Abastecimento de água no mundo e Brasil</b> .....	3
<b>3.2 Abastecimento de água na Paraíba</b> .....	4
<b>3.3 Abastecimento de água no povoado São Tomé de Cima</b> .....	5
<b>3.4 Formas de abastecimento de água</b> .....	7
<b>3.4.1 Rede Pública</b> .....	7
<b>3.4.2 Poços</b> .....	8
<b>3.4.3 Cisterna</b> .....	9
<b>3.5 Formas de desinfecção de água</b> .....	9
<b>3.6 Desinfecção de água com o uso da energia solar</b> .....	10
<b>3.7 Desinfecção solar da água (SODIS)</b> .....	12
<b>3.8 Potabilidade da água</b> .....	15
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	16
<b>4.1 Local de estudo</b> .....	16
<b>4.2 Materiais utilizados</b> .....	16
<b>4.3 Experimento</b> .....	17
<b>4.4 Cálculo para a eficiência de inativação de micro-organismos</b> .....	20
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	27
<b>ANEXO A</b> .....	30

## 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. Uma opção é a sua desinfecção utilizando energia solar, método conhecido como SODIS (*solar water disinfection*).

O uso da radiação solar como mecanismo de eliminação bacteriana é viável, por utilizar um recurso abundante na natureza e gratuito, além de ser uma fonte de energia renovável e limpa. Segundo WEGELIN (1994), esse método inativa os seguintes micro-organismos: Bactérias: *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella*; Vírus: *bacteriófago f2*, *rotavírus*, *vírus da encefalomiocardite* e *oocistos de Cryptosporidium SP*.

Esse procedimento consiste em armazenar a água em garrafas PET e expô-las à radiação solar. 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. Com o uso do concentrador reduz-se o tempo de exposição de 6 para 4 horas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a eficiência do método SODIS para desinfecção de água de cisterna localizada na zona rural de Alagoa Nova – PB.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar o experimento utilizando o método SODIS sem o concentrador.
- Realizar o experimento utilizando o método SODIS com o concentrador.
- Fazer um comparativo entre os dois, verificando qual o mais eficiente.

### 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Abastecimento de água no mundo e Brasil

Segundo a ONU (2013), estima-se que um 1,6 bilhão de pessoas não tem acesso a um abastecimento de água suficiente, definido como uma fonte que possa fornecer a *per capita* de 20L/dia a uma distância não superior a mil metros. Essas fontes incluem ligações domésticas, fontes públicas, fossos, poços e nascentes protegidos e a coleta de águas pluviais.

Há regiões onde a situação de falta d'água já atinge índices críticos de disponibilidade, como nos países do continente africano, onde a média de consumo de água por pessoa é de 15L/dia. Já em Nova York, calcula-se um consumo exagerado de água doce tratada e potável, onde o consumo *per capita* é 2.000L/dia. Comprovando que as desigualdades sociais estão diretamente relacionadas com a má distribuição dos recursos hídricos (CETESB, 2013).

A escassez de água potável é responsável diretamente pela mortalidade de pessoas, principalmente de crianças, onde no mundo morrem 17 mil crianças por dia (UNICEF, 2013). Já no Brasil, a cada mil nascidos morrem 19,6 crianças (IBGE, 2010), dados que remetem à importância de um serviço de abastecimento público de água na melhoria da qualidade física, química e biológica da água, sendo 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. Como pode ser visto na Tabela 1, as principais doenças de veiculação hídrica.

O Brasil possui uma população estimada em 190.732.694 pessoas, sendo um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, porém 81,48% têm acesso a um abastecimento de água adequado. Na zona rural, 27,79% dos moradores de domicílios particulares permanentes têm acesso a esse serviço, em contraposição com a zona urbana que possuem 91,38% dos domicílios ligados à rede geral de abastecimento (IBGE, 2010).



Tabela 1: Principais micro-organismos relacionados às doenças de veiculação hídrica.

<b>Organismos</b>	<b>Principais Doenças</b>	<b>Quantidade excretada por indivíduo infectado/g/fezes</b>	<b>Dose infectante*</b>
<i>Escherichia Coli</i>	Gastroenterite		
<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide		
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera		
<i>Salmonella</i>	Salmonelose		
<i>Cryptosporidium</i>	Crystoporidiose		1-30***
<i>Giardia lamblia</i>	Giardíase		1-10
<i>Enterovírus</i>	Gastroenterite, anomalias no coração, meningite etc.		1-72
<i>Hepatite A</i>	Hepatite infecciosa		1-10
<i>Rotavírus</i>	Gastroenterite		1-10
<i>Ascaris lumbricoides</i>	Ascaridíase		2-5
<i>Taenia solium (solitária)</i>	Cisticercose		1
<i>Schistosoma mansoni</i>	Esquistossomose	-	-

\* Dose infectante que provoca sintomas clínicos em 50% dos indivíduos testados.

\*\* Modo de infecção: ingestão de ovos infectados, em água ou solo contaminado por fezes humanas ou ingestão de produtos crus contaminados.

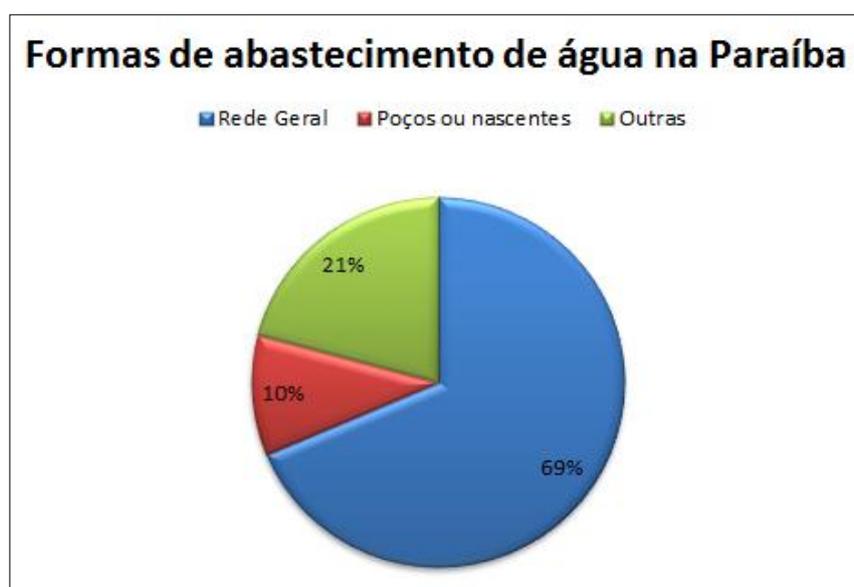
\*\*\* Variável com o estado de saúde do indivíduo.

Fonte: LIBÂNIO (2008).

### 3.2 Abastecimento de água na Paraíba

Segundo o censo do IBGE (2010), a Paraíba possui 3.766.528 habitantes, destes 23,29% não têm acesso à água tratada, problema que afeta principalmente a parcela que vive na zona rural do estado, que corresponde a 23,22% da população. Conforme a Figura 1, a população paraibana utiliza principalmente a água proveniente da rede geral de abastecimento, poços ou nascentes e outras fontes (rios, lagos, igarapés).

Figura 1: Formas de abastecimento de água no estado da Paraíba.



Fonte: IBGE (2010).

A água própria para o consumo humano é aquela destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal e que atende aos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria Nº 2.914/2011, Ministério da Saúde. Para o cumprimento da legislação se faz necessária a implantação de Estações de Tratamento de Água. Estas atendem quase que completamente a população urbana. Já nas áreas rurais essa situação é inversa, poucos domicílios são abastecidos por esse serviço, sendo esse um dos motivos principais do índice de mortalidade infantil na Paraíba, onde 22,9 crianças morrem antes de completarem um ano de vida para cada mil nascidas vivas (IBGE, 2010).

### 3.3 Abastecimento de água no povoado São Tomé de Cima

O povoado São Tomé de Cima encontra-se em Alagoa Nova, município paraibano localizado no Planalto da Borborema, a uma distância de 28,4 km da cidade de Campina Grande, conforme destacado na Figura 2.

Figura 2: Município de Alagoa Nova – PB.



Fonte: IBGE (2010).

O Município de Alagoa Nova possui 19.686 habitantes, com 5.434 domicílios, destes, 2.484 estão ligados à rede geral de abastecimento, os outros 2.950 utilizam outras formas de abastecimento. (IBGE, 2010).

Segundo censo do IBGE (2010), o povoado São Tomé de Cima, localizado na zona rural de Alagoa Nova, possui 206 domicílios, estimando-se 531 habitantes. Em geral, as principais formas de abastecimento da população são cisternas, poços, nascentes e açudes. Sendo a água da cisterna utilizada para usos mais restritivos da água, como cozinhar e higiene pessoal. De acordo com os moradores, a desinfecção das cisternas é feita aplicando-se hipoclorito de sódio na água, o qual é cedido pelos agentes de saúde da localidade. Antes da construção das cisternas, a água usada pela população residente no povoado era proveniente principalmente de poços e olhos d'água, conforme destacado na Figura 3.

Figura 3: Fontes alternativas de abastecimento de água no povoado São Tomé de Cima, Alagoa Nova.



Fonte: Própria (2013).

Algumas cisternas da região foram financiadas pelo programa “Rio Mamanguape”, patrocinado pela empresa Petrobras, que objetiva melhorar a qualidade da água consumida pelas populações que não têm acesso à água tratada, atuando no armazenamento de água da chuva - cisternas de placas, como apresentado na Figura 4, e promovendo melhorias na qualidade de vida. As ações foram implantadas nas comunidades de Esperança, Matinhas, Alagoa Nova, Lagoa Seca, Lagoa de Roça, Montadas e Areial (PETROBRAS, 2013).

Figura 4: Cisterna de placas construída no povoado São Tomé de Cima no município de Alagoa Nova – PB.



Fonte: Própria (2013).

### 3.4 Formas de abastecimento de água

#### 3.4.1 Rede Pública

Denomina-se sistema de abastecimento público de água, a solução coletiva mais econômica e definitiva para o abastecimento de água de uma comunidade. Esta é a solução encontrada quando uma comunidade cresce e a densidade demográfica da área aumenta. O abastecimento de água visa, fundamentalmente a: controlar e prevenir doenças; implantar hábitos higiênicos na população como, por exemplo, a lavagem das mãos, o banho e a limpeza dos utensílios; facilitar a limpeza pública; facilitar as práticas esportivas; propiciar conforto e bem estar.

As partes constitutivas do sistema são:

- **Manancial:** é a fonte de onde se tira a água. Sua escolha tem que ser levada em consideração a qualidade e a quantidade de água que ele dispõe, como também o aspecto econômico do mesmo.
- **Captação:** É o conjunto de equipamentos e instalações para retirar a água do manancial e lançá-la no sistema de abastecimento.
- **Adução:** Adutora é uma tubulação normalmente sem derivações, que liga a captação ao tratamento ou o tratamento à rede de distribuição.
- **Tratamento:** O tratamento da água consiste na remoção de partículas suspensas e coloidais, matéria orgânica, micro-organismos e outras substâncias possivelmente deletérias à saúde humana, porventura presentes nas águas naturais, aos menores custos de implantação, operação e manutenção, gerando menor impacto ambiental às áreas circunvizinhas (LIBÂNIO, 2008).
- **Reservatório:** é empregada para o acúmulo da água, com propósitos de atender a variação do consumo; manter uma pressão mínima ou constante na rede; atender demandas de emergências, em casos de incêndios, ruptura de rede.
- **Rede de distribuição:** a rede de distribuição leva a água do reservatório ou da adutora para os pontos de consumo (DEC – UFCG, 2014).

### 3.4.2 Poços

O poço é uma abertura feita no solo com a finalidade de tirar (captar) água do subsolo. Podendo ser rasos e profundos.

Poços rasos são denominados rasos quando captam água do lençol freático, ou seja, a água que se encontra acima da primeira camada impermeável.

A localização de um poço raso deve levar em consideração a existência de bastante água no subsolo local, suficiente para atender o consumo previsto, deve estar no ponto mais elevado do lote e o mais distante possível e em direção contrária a de escoamentos subterrâneos provenientes de poços conhecidos ou prováveis origens de poluição (fossas, sumidouros e passagens de esgotos).

Poços profundos são denominados profundos quando captam água de lençóis situados entre duas camadas impermeáveis. São poços perfurados que exigem mão-de-obra e equipamentos especiais para sua construção e geralmente só é empregada para abastecimento de cidades, devido ao seu alto custo de construção e normalmente sua grande capacidade de produção de água.

Um poço profundo é dito artesianos jorrante, quando a água que sai dele jorra acima da superfície do solo, sem necessidade de bombeamentos (DEC - UFCG, 2014).

### 3.4.3 Cisterna

A cisterna de placas é um reservatório d'água cilíndrico, coberto e semienterrado, que permite a captação e o armazenamento de águas das chuvas, aproveitadas a partir do seu escoamento nos telhados das casas, através de calhas.

A água armazenada tem uma boa qualidade sanitária por ser protegida das contaminações causadas por animais e dejetos trazidos pelas chuvas. Outras vantagens são a não evaporação da água captada, tecnicamente é uma estrutura fácil de construir, utiliza menos material que os demais modelos existentes, podendo utilizar mão-de-obra familiar para sua construção.

### **3.5 Formas de desinfecção de água**

A desinfecção tem por objetivo produzir uma água de consumo isenta da presença de micro-organismos patogênicos e também os micro-organismos indicadores, cuja inativação é feita por meio de agentes físicos e/ou químicos (LIBÂNIO, 2008).

Os agentes químicos são elementos ou compostos com potencial de oxidação, incluindo o cloro e seus compostos, dióxido de cloro e ozônio, como os mais usados na desinfecção da água.

Os agentes físicos, por sua vez, apresentam ação referenciada à energia de radiação, destacando-se a radiação ultravioleta, radiação solar e fervura.

A ação dos desinfetantes físicos e químicos sobre os micro-organismos pode se dar basicamente sob três mecanismos diversos: pela lise (ruptura) da parede celular, difusão do desinfetante no interior dos micro-organismos e interferência na reprodução celular (LIBÂNIO, 2008).

Os sistemas individuais são soluções precárias para os centros urbanos, embora indicados para áreas rurais onde a população é dispersa.

Em lugares onde não existe rede pública de abastecimento de água, é comum obter-se água no domicílio através de métodos paliativos tais como: cisternas, poços, nascentes e açudes.

Não se conhece um método seguro de desinfecção da água proveniente dessas fontes, que se obtenha um grau de potabilidade satisfatória.

Os desinfetantes mais comuns são os compostos de cloro, e destes, o mais fácil de ser adquirido é a água sanitária a base de hipoclorito de sódio ou com o teor de cloro ativo, entre 2,0 e 2,5% (DANIEL, 2001).

### **3.6 Desinfecção de água com o uso da energia solar**

O Sol emite radiação que fornece energia para toda a vida natural e movimentos do planeta. Quando atinge a Terra a radiação solar é refletida, retrodifundida e absorvida por várias componentes: 6% é retrodifundida para o espaço pelo próprio ar, 20% é refletida pelas nuvens e 4% é refletida pela

superfície da Terra. Deste modo, 30% da radiação perde-se para o planeta por estes processos. As nuvens absorvem 3% da radiação solar restante, ao passo que o vapor de água, as poeiras e outros componentes no ar contam com mais 16%. O resultado de todas estas interferências atmosféricas é garantir que apenas 51% da radiação solar incidente atinja verdadeiramente a superfície do globo (IAG – USP, 2013).

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 solares infravermelha e ultravioleta como destacada na Figura 5, provocando a inativação de micro-organismos, portanto eficaz na desinfecção da água para consumo.

Figura 5: Espectro visível da luz solar.



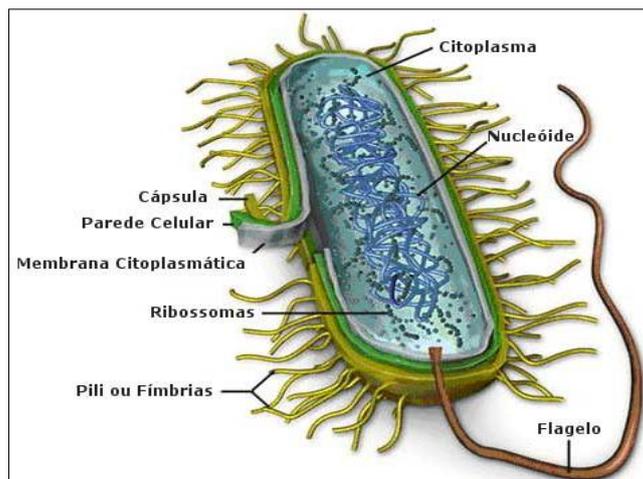
Fonte: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica12.php>

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).

Quando uma célula é submetida à radiação ultravioleta, ocorre o seguinte processo: a radiação UV 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 reproduzir-se, como mostra a Figura 6. Micro-organismos incapazes de metabolizar e reproduzir-se não podem causar doenças (MELÉNDEZ, 2011).



Figura 6: Ação da radiação UV na bactéria.



Fonte: <http://www.scientech.com.br>

### 3.7 Desinfecção solar da água (SODIS)

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.

É um procedimento técnico e economicamente viável para o tratamento de água em comunidades 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 (polietileno tereftalato). Essas características fazem com que o sistema tenha aceitação de 84% dos usuários de países em desenvolvimento, como Colômbia, Bolívia, Indonésia, Tailândia e China (Jacomini, 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).

Consiste em remover agentes patogênicos da água armazenando-a em garrafas do tipo PET transparentes e deixando-as expostas à luz solar durante o tempo de 6 horas, conforme descrito na Figura 7, aquecendo a água a uma temperatura de 50°C, tendo eficiência de 100% na inativação de Coliformes totais e *E.coli* (PATERNIANI, 2005).

Figura 7: Método de desinfecção SODIS.



Fonte: Fonte: SODIS (2013).

As etapas que compõem o método são:

- Lavar as garrafas PET com água e detergente, antes de usá-las.
- Encher elas com a água que será submetida à desinfecção.
- Expor as garrafas ao Sol, por 6 horas.
- Após 6 horas a água está desinfetada.

Segundo Wegelin (1994), esse método inativa os seguintes micro-organismos: Bactérias: *Escherichia coli*, *Streptococcus faecalis*, *Salmonella*. Vírus: *bacteriófago f2*, *rotavírus*, *vírus da encefalomiocardite* e *oocistos de Cryptosporidium SP*.

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 (JACOMINI, 2004).

O formato e o tamanho do recipiente utilizado para expor as amostras ao sol mostraram-se pouco influenciam na taxa da inativação dos micro-organismos indicadores. No Egito, mostrou-se uma tendência de rápida redução na taxa de morte ou inativação bacteriana em amostras contidas em recipientes de 500mL e 100mL. Ambos os recipientes possuíam tamanho pequeno, tipicamente usado para coleta de água e armazenamento, como: garrafas, comumente utilizadas em países em desenvolvimento. A posição vertical ou horizontal de exposição também produziu pouco efeito na eficiência do processo (DANIEL, 2001).

As águas com elevadas contaminações não são desinfetadas facilmente pela radiação solar, nem tampouco as águas com elevada turbidez, como é o caso de alguns rios. É esperado que a turbidez atenuasse o efeito da radiação solar.

A turbidez e a espessura da lâmina d'água interferem na eficiência de inativação de micro-organismos. O aumento da turbidez e da profundidade da água leva a uma menor eficiência do processo, se considerado um tempo fixo de exposição. Águas mais turva necessitarão de maior tempo de exposição para efetiva desinfecção, ou, dependendo da intensidade da turbidez, não serão passíveis de desinfecção eficaz (DANIEL, 2001). Para melhor eficácia do método a turbidez da água não pode ser superior a 30 NTU (SOUZA, 2009).

A garrafa pintada de preto se justifica pelo princípio da radiação do corpo negro. Na qual toda a radiação incidida nele não é refletida e sim, totalmente absorvida por ele, contribuindo também para o aumento da temperatura do sistema (CARRON e GUIMARÃES, 2006).

Para aumentar a eficiência do método o IMTA – Instituto Mexicano de Tecnologia da Água - propôs o uso de um concentrador de raios solares, como pode ser visto na Figura 8 - construído com uma base e quatro aletas e revestido com papel alumínio, aproveitando a energia solar e elevando a temperatura do sistema para 70°C e diminuindo o tempo de exposição solar para 4 horas. A sua função é captar a energia solar incidente numa área relativamente grande e concentrá-la numa área muito menor, de modo que a temperatura desta última aumente substancialmente (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005).

Figura 8: Concentrador solar.



Fonte: Própria (2014).

A desinfecção solar pode ser concebida tanto em instalações em batelada, para servir a uma unidade domiciliar (pequenos volumes), como em sistema contínuo (algo semelhante a um aquecedor solar, porém transparente), a fim de produzir maior volume de água e servir escola, postos de saúde e outras instituições na zona rural. Um sistema contínuo de desinfecção solar também poderá fornecer água bacteriologicamente segura para pequenas empresas agrícolas familiares e, com isso, ser usada na melhoria e/ou beneficiamento do produto agrícola, agregando renda ao pequeno produtor (DANIEL, 2001).

### **3.8 Potabilidade da água**

A potabilização das águas naturais para fins de abastecimento público tem como função precípua adequar a água bruta afluente à estação ao padrão de potabilidade vigente.

No Brasil, somente em 1977, com o advento da Portaria 56 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1977) foi estabelecido o primeiro padrão de potabilidade definindo os limites máximos para as diversas características físicas, químicas e biológicas inerentes às águas de consumo humano. Posteriormente

Atualmente no Brasil, é considerada potável a água que está em conformidade com a Portaria Nº 2.914/2011 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011), a mesma determina a ausência de Coliformes totais e *E. coli* em 100 ml de amostra.

De acordo com o artigo 34 da mesma portaria, é obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). No caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante também deve ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local de estudo

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, no Centro de Ciências e Tecnologia – CCT. As análises foram executadas no laboratório de alimentos, Núcleo de Pesquisa e Extensão em Alimentos.

### 4.2 Materiais utilizados

Para o armazenamento das amostras de água, que serão 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 9. A parte não pintada da garrafa fica exposta à radiação solar.

Figura 9: Garrafa PET transparente pintada de preto.



Fonte: Própria (2014).

O concentrador de raios solares, desenvolvido pelo Instituto Mexicano de Tecnologia da Água – IMTA foi utilizado como princípio para confecção do

concentrador solar em estudo, construído de madeira e revestido com papel alumínio, conforme Figura 10.

Figura 10: Concentrador solar.



Fonte: Própria (2014).

As dimensões do concentrador foram obtidas de acordo com Jacomini (2004). Houve uma alteração na sua estrutura, fechando completamente as arestas ficando apenas a parte superior aberta para receber a radiação solar. Na Tabela 2 são apresentadas as medidas adaptadas.

Tabela 2: Medidas adaptadas do concentrador Solar.

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

Fonte: Própria (2014).

### 4.3 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, escoada 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 ( ), três delas usando o concentrador solar e três sem o uso do concentrador. Apesar do recomendado por Jacomini (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 11 (a) e 10 (b).

Figura 11: Execução do experimento: garrafas expostas à radiação solar com e sem o uso do concentrador solar.



(a) Sem o concentrador.

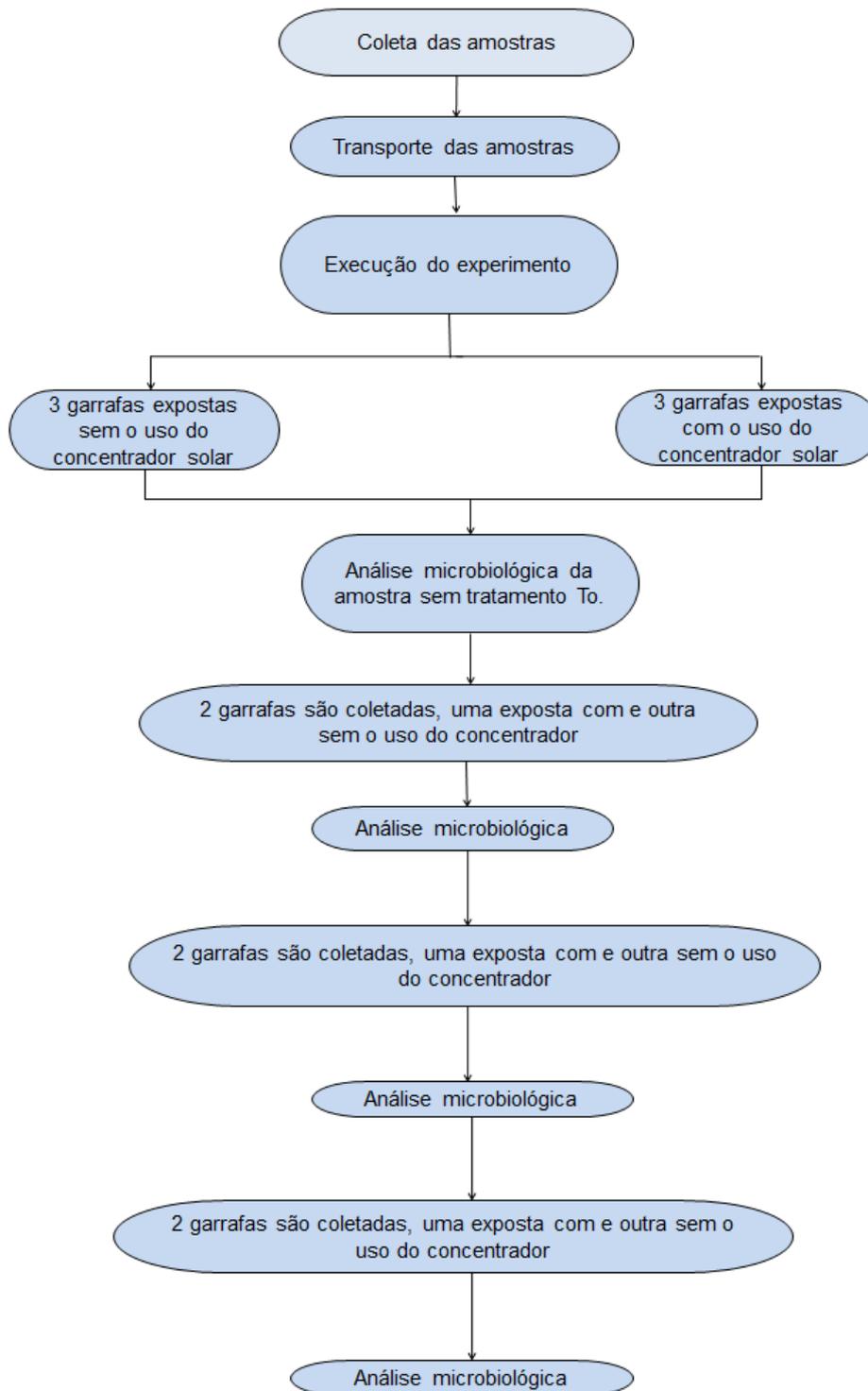
(b) Com o concentrador.

Fonte: própria (2014).

Após o tempo de amostragem de duas horas, às 11 horas ( ), 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 ( ) e às 15 horas ( ), as etapas do experimento encontram-se descritas na Figura 11.

Figura 12: Etapas da condução do experimento.



Fonte: própria (2014).



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.

Através da técnica dos tubos múltiplos é possível a determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes totais e termotolerantes em uma amostra. Seu princípio está baseado no fato de que as bactérias presentes em uma amostra podem ser separadas por agitação, fazendo com que as mesmas fiquem distribuídas uniformemente na amostra. O método consiste na inoculação de volumes decrescentes ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ , ...) da amostra em meio de cultura adequado ao crescimento dos micro-organismos pesquisados, sendo cada volume inoculado em uma série de 5 tubos. Através de diluições sucessivas da amostra, são obtidos inóculos, cuja semeadura fornece resultados negativos em pelo menos um tubo da série em que os mesmos foram inoculados e a combinação de resultados positivos e negativos permite a obtenção de uma estimativa da densidade das bactérias pesquisadas (CETESB, 2007).

#### 4.4 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.

$$\frac{\text{NMP}_{\text{inicial}} - \text{NMP}_{\text{final}}}{\text{NMP}_{\text{inicial}}} \quad (1)$$

Onde:

NMP = Número Mais Provável

## 5. 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, diminuindo em direção aos polos, variando de 0 a 90 graus. Então a temperatura diminui com o aumento da latitude. Já a altitude exerce grande influencia na temperatura, onde a atmosfera se aquece por irradiação. Quanto maior a altitude, o ar se torna mais rarefeito e ocorre menor irradiação, causando menores temperaturas. A Tabela 3 apresenta as condições meteorológicas no dia do experimento.

Tabela 3: 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/m<sup>2</sup>)</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 3 pode-se verificar que ocorrem o máximo de temperatura no último ponto de estudo, às 15 horas, 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 micro-organismos eliminados durante o processo. Para o cálculo do Número Mais Provável de Coliformes totais utilizou-se a Tabela do Índice de NMP e limites de confiança de 95%, quando são inoculadas porções de 10mL, 1mL e 0,1mL da amostra, que se encontra no anexo A, para quantificar as amostras em análise que estão relacionadas nas Tabelas 4 e 5.

Tabela 4: Número Mais Provável de Coliformes totais (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS.

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

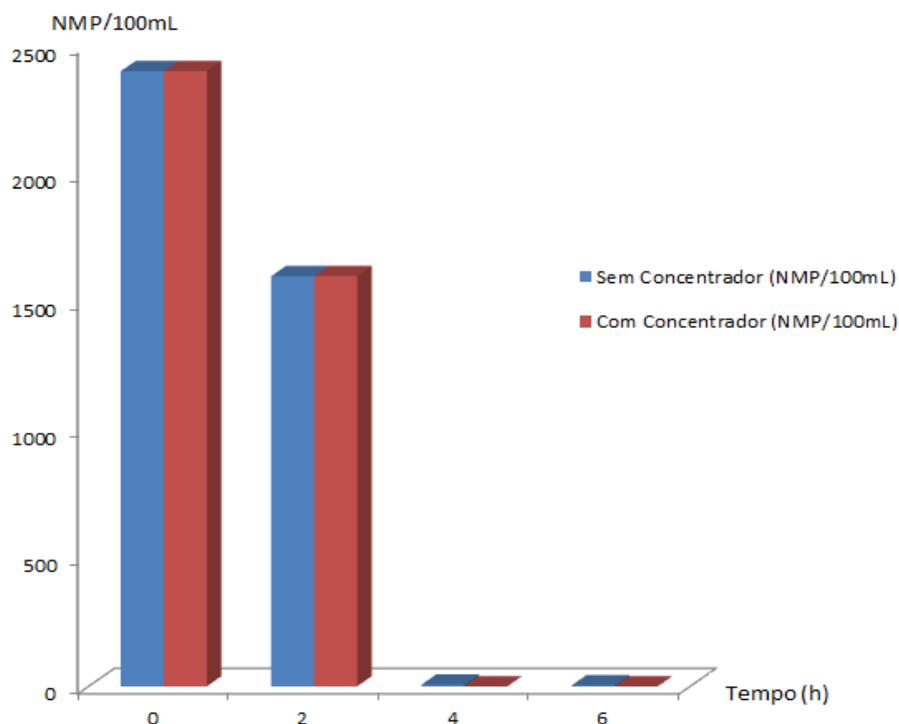
Fonte: PRÓPRIA (2014).

De acordo com a Tabela 4, 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 Jacomini (2004), que indica que de 6 horas seria o suficiente para eliminar completamente bactérias do grupo coliforme.

No tempo , a densidade microbiológica foi superior a 1600 Coliformes totais / 100mL. Após 2 horas de exposição foi igual a 1600 / 100mL nota-se que o comportamento dos dois sistemas permaneceram semelhantes. A partir das 4 horas houve uma variação em relação aos sistemas, o com concentrador solar todos os tubos deram negativos para Coliformes totais / 100mL, enquanto o sem concentrador solar apresentou um decréscimo na concentração de Coliformes totais.

A Figura 13 representa os dados do Número Mais Provável nas amostras analisadas para Coliformes totais.

Figura 13: Número Mais Provável de Coliformes totais (NMP/100mL) contidos na amostra após desinfecção pelo método SODIS.



Fonte: PRÓPRIA (2014).

Pode-se justificar a redução da eficiência do método sem o uso do concentrador solar devido às condições meteorológicas no dia do experimento. Para a quantificação do Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS.

Tabela 5: Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos nas amostras após desinfecção pelo método SODIS.

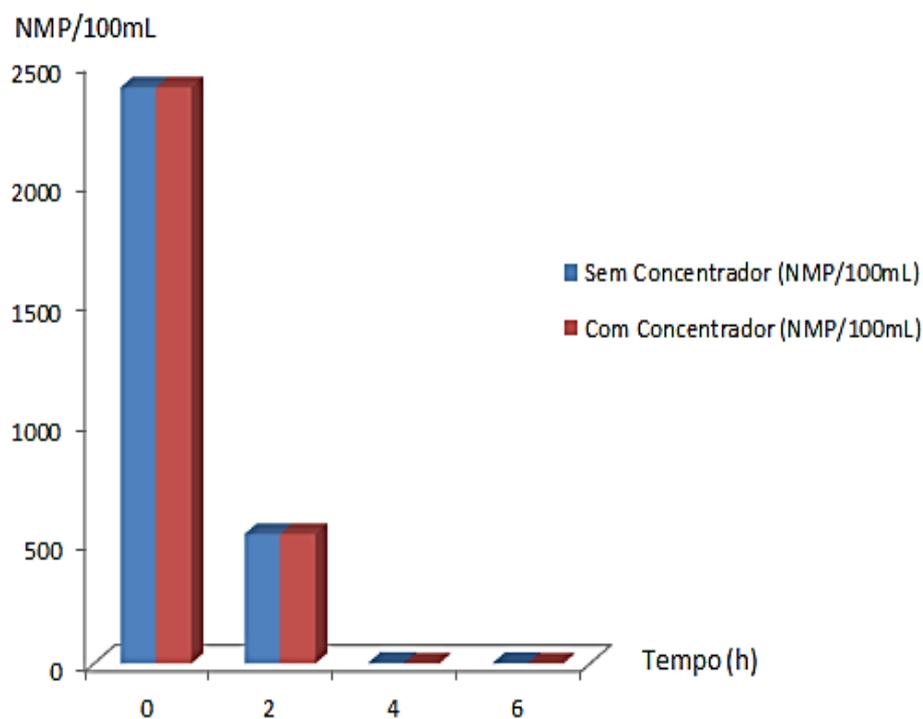
	<b>Coliformes termotolerantes</b>	
	Combinação de Número mais provável por 100mL positivos	
<b>Tempo (h)</b>	Sem Concentrador	Com Concentrador
<b>0</b>	5-5-5 2400,0	5-5-5 2400,0
<b>2</b>	5-5-2 540,0	5-5-2 540,0
<b>4</b>	2-0-0 4,5	0-0-0 0,0
<b>6</b>	1-0-0 2,0	0-0-0 0,0

Fonte: PRÓPRIA (2014).

De acordo com a Tabela 5, 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.

A Figura 14 representa os dados do Número Mais Provável nas amostras analisadas para Coliformes termotolerantes.

Figura 14: Número Mais Provável de Coliformes termotolerantes (NMP/100mL) contidos na amostra após desinfecção pelo método SODIS.



Fonte: PRÓPRIA (2014).

Para avaliar as eficiências da desinfecção do método SODIS com e sem o concentrador solar utiliza-se a Equação (1). A Tabela 6 apresenta os resultados das eficiências com e sem o uso do concentrador solar para Coliformes totais e termotolerantes.

Tabela 6: Eficiência dos sistemas com e sem o concentrador solar para Coliformes totais e termotolerantes (NMP/100mL).

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

Fonte: PRÓPRIA (2014).

Avaliando a eficiência da desinfecção utilizando com e sem o uso de concentrador solar, pode-se verificar 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 obtido após 4 horas de exposição das amostras com o coletor solar.

## 6. 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.

## REFERÊNCIAS

**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.

**BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE.** Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). *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 padrões de lançamento de efluente, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

**CARRON, W.; GUIMARÃES, O.. As Faces da Física.** 2 ed. São Paulo, SP: Editora Moderna, 2006.

**CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Coliformes termotolerantes: Determinação em amostras ambientais pela técnica de tubos múltiplos com meio A1 - método de ensaio.** São Paulo, 2007.

**DANIEL, A. L.. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável.** São Carlos – SP, 2001.

**JACOMINI, M.. Desinfecção de Água utilizando Energia Solar (SODIS): Inativação e Recrescimento Bacteriano.** Campinas – SP, 2004.

**LIBÂNIO, M.. Fundamentos de qualidade e tratamento de Água.** 2 ed. Campinas, SP: Editora Átomo, 2008.



**MELÉNDEZ, G. S.. Desinfecção de efluente sanitário por radiação UV e gama: efeitos na inativação de Ovos de ascaris spp.** Belo Horizonte – MG, 2011.

**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.

**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.**

#### SITES CONSULTADOS PARA A PESQUISA

**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.

**CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (2013).** Disponível em: < <https://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2014.

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL, UFCG.** Disponível em:< <http://www.uaec.ufcg.edu.br/>>. Acesso em: 18 de janeiro de 2014.

**IAG - INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS, USP,** Universidade de São Paulo. Disponível em:< <http://www.iag.usp.br/siae98/meteorologia/radiacao.htm>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.

**IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010).** Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2014.

**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.

**PETROBRAS (2013).** Disponível em:< <http://www.petrobras.com.br/pt/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2014.

**SODIS (2013).** Disponível em: < [http://www.sodis.ch/index\\_EN](http://www.sodis.ch/index_EN)>. Acesso em 14 de janeiro de 2014.

**UNICEF - FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (2013).** Disponível em:< <http://www.unicef.org/brazil/pt/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2014.

## ANEXO A

Tabela – Número Mais Provável por 100mL.

10:1:0,1	NMP	10:1:0,1	NMP	10:1:0,1	NMP	10:1:0,1	NMP	10:1:0,1	NMP	10:1:0,1	NMP
000	0	100	2	200	4,5	300	7,8	400	13	500	23
001	1,8	101	4	201	6,8	301	11	401	17	501	31
002	3,6	102	6	202	9,1	302	13	402	21	502	43
003	5,4	103	8	203	12	303	16	403	25	503	58
004	7,2	104	10	204	14	304	20	404	30	504	76
005	9	105	12	205	16	305	23	405	36	505	95
010	1,8	110	4	210	6,8	310	11	410	17	510	33
011	3,6	111	6,1	211	9,2	311	14	411	21	511	46
012	5,5	112	8,1	212	12	312	17	412	26	512	64
013	7,3	113	10	213	14	313	20	413	31	513	84
014	9,1	114	12	214	17	314	23	414	36	514	110
015	11	115	14	215	19	315	27	415	42	515	130
020	3,7	120	6,1	220	9,3	320	14	420	22	520	49
021	5,5	121	8,2	221	12	321	17	421	26	521	70
022	7,4	122	10	222	14	322	20	422	32	522	95
023	9,2	123	12	223	17	323	24	423	38	523	120
024	11	124	15	224	19	324	27	424	44	524	150
025	13	125	17	225	22	325	31	425	50	525	180
030	5,6	130	8,3	230	12	330	17	430	27	530	79
031	7,4	131	10	231	14	331	21	431	33	531	110
032	9,3	132	13	232	17	332	24	432	39	532	140
033	11	133	15	233	20	333	28	433	45	533	180
034	13	134	17	234	22	334	31	434	52	534	210
035	15	135	19	235	25	335	35	435	59	534	250
040	7,5	140	11	240	15	340	21	440	34	540	130
041	9,4	141	13	241	17	341	24	441	40	541	170
042	11	142	15	242	20	342	28	442	47	542	220
043	13	143	17	243	23	343	32	443	54	543	280
044	15	144	19	244	25	344	36	444	62	544	350
045	17	145	22	245	28	345	40	445	69	545	430
050	9,4	150	13	250	17	350	25	450	41	550	240
051	11	151	15	251	20	351	29	451	48	551	350
052	13	152	17	252	23	352	32	452	56	552	540
053	15	153	19	253	26	353	37	453	64	553	920
054	17	154	22	254	29	354	41	454	72	554	1600
055	19	155	24	255	32	355	45	455	81	555	2400

Fonte: <http://www.uff.br/bacteriologia/aulaspraticas/colimetria.htm>