



I-252 - UTILIZAÇÃO DE DESINFECÇÃO SOLAR (MÉTODO SODIS) NO ABASTECIMENTO DE PEQUENAS COMUNIDADES: EFEITOS SINÉRGICOS DA TEMPERATURA E RADIAÇÃO UV EM CONCENTRADOR ESPECÍFICO

Gabriela Kashiwakura Ramo⁽¹⁾

Graduanda em Engenharia Civil na Universidade Federal de Uberlândia - UFU.

Liliane Pinheiro⁽²⁾

Bióloga, Técnica do Laboratório de Medicina Veterinária

Daise Aparecida Rossi⁽³⁾

Médica Veterinária e bióloga. Mestre e Doutor em Ciências dos Alimentos.

Márcio Ricardo Salla⁽⁴⁾

Engenheiro Civil. Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento.

Endereço⁽¹⁾: Rua João Velasco de Andrade, 558, Apto. 102 - Santa Mônica - Uberlândia - Minas Gerais - CEP: 38408-202 - Brasil - Tel: (34) 3234-1557 - e-mail: gabriela.kash@yahoo.com.br

RESUMO

A desinfecção solar (SODIS) é um método de inativação de microrganismos patogênicos aplicado em pequenas comunidades carentes e afastadas do perímetro urbano. Visto que estas comunidades não são abastecidas pelo sistema de abastecimento de água público, existe a necessidade de desenvolver métodos eficientes e baratos de tratamento da água. O método SODIS utiliza-se de garrafas PET transparentes como frasco de armazenamento da água. Age sobre a água estocada a radiação ultravioleta emitida pelo sistema solar. Trata-se de um método de desinfecção da água de custo zero, pois as garrafas PET transparentes são encontradas no lixo doméstico da maioria das residências, associada à radiação ultravioleta que é fonte de energia constante e inesgotável da natureza.

Este trabalho estudou a eficiência de inativação de *E. coli* através do efeito sinérgico da temperatura da água e da radiação UV, utilizando um concentrador solar constituído de garrafas PET totalmente transparentes dispostas dentro de um caixote com cunha e fechamento superior com placa de vidro de 3 mm. Também comparou-se a eficiência de inativação do concentrador aqui proposto com outras duas configurações de garrafas PET, incluindo a garrafa pintada à meia seção em contato direto com a radiação solar e fora do concentrador e garrafa com pintura à meia seção com tinta preta dentro de concentrador típico encontrado na literatura.

Pelos resultados encontrados foi possível avaliar o efeito sinérgico da temperatura e da radiação UV do formato de concentrador solar aqui proposto, alcançando o máximo de inativação de 99,84% para 6 horas de tempo de exposição à radiação solar, sendo os resultados de inativação sempre maiores do que os encontrados nos concentradores mencionados na literatura, para qualquer tempo de exposição.

De uma forma geral, o concentrador solar específico apresentou resultados satisfatórios, podendo contribuir, a custo muito baixo, para a melhoria da qualidade de água de consumo para comunidades carentes, na tentativa de evitar a disseminação de doenças graves de transmissão hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Desinfecção solar, método SODIS, radiação ultravioleta, concentrador solar, *E-coli*.

INTRODUÇÃO

Dados apresentados pela Organização das Nações Unidas (ONU) apontam que cerca de 1,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso a água potável e que 2,5 bilhões não têm acesso a saneamento no mundo. Estas pessoas são vulneráveis a doenças graves como diarreia, cólera e febre tifóide.

Uma das causas da crise da água é a atual ênfase que muitos países dão à construção de sistemas grandes e centralizados de tratamento de água, que não podem ser mantidos por recursos locais. Sistemas menores e comunitários são ignorados nos planos de desenvolvimento. A realidade sugere a descentralização para grupos locais (PEREIRA, H. M. C.; SANCHÉS, I. G.; NDINELAO, M., 2006).

O processo de Desinfecção Solar da Água (*Solar Water Disinfection* – SODIS) é um processo simples que pode ser usado para o melhoramento da qualidade microbiológica da água de consumo. O SODIS usa a



radiação solar UVA para desativar microrganismos patogênicos causadores das doenças transmitidas pela água contaminada.

A luz solar trata a água contaminada através da sinergia de dois mecanismos: radiação no espectro de UVA (comprimento de onda de 320-400nm) e aumento de temperatura da água. Se a temperatura da água se mantiver acima de 50°C, o processo de desinfecção é três vezes mais rápido (SODIS, 2007).

O uso da radiação solar no processo de desinfecção, não obstante, compreende apenas os microrganismos, sendo impróprio à oxidação de compostos químicos em caso de água contaminada por agrotóxicos ou resíduos industriais, devendo ter restrição a águas superficiais em lavouras e mananciais próximos a indústrias (SODIS, 2007).

Este processo de desinfecção solar é ideal para o tratamento de pequenas quantidades de água por custos irrisórios em comunidades desprovidas do sistema de abastecimento de água, carentes e afastadas do perímetro urbano.

Os trabalhos consultados na literatura apontam que a máxima eficiência da inativação de microrganismos patogênicos é alcançada pelo efeito sinérgico da radiação ultravioleta e da pasteurização do meio líquido armazenado nas garrafas PET e locado em concentrador solar. Visando otimizar a eficiência da desinfecção de microrganismos patogênicos, este trabalho estudou um novo formato de concentrador solar e disposição das garrafas PET, objetivando aumentar a temperatura do meio líquido no processo de pasteurização solar e diminuir o tempo de exposição da radiação ultravioleta com o meio líquido que alcance inativação de 99,99% de *E. coli*.

MATERIAIS E MÉTODOS

CONCENTRADOR SOLAR

Trata-se de um “caixote” de madeira nas laterais e no fundo, fechado na parte superior por uma placa de vidro transparente com espessura mínima (aproximadamente 3mm). A placa de vidro permitirá a penetração quase que total da radiação ultravioleta, mantendo alta temperatura dentro do compartimento. Tal disposição ocasiona o efeito sinérgico da radiação ultravioleta com o aumento da temperatura na desinfecção. Nas faces internas do concentrador solar (faces laterais e fundo) foi fixado material refletor para reflexão total da energia solar. O concentrador solar experimental possibilita o armazenamento de 03 garrafas PET. A Figura 1 mostra o concentrador solar aqui proposto e o concentrador encontrado na literatura.

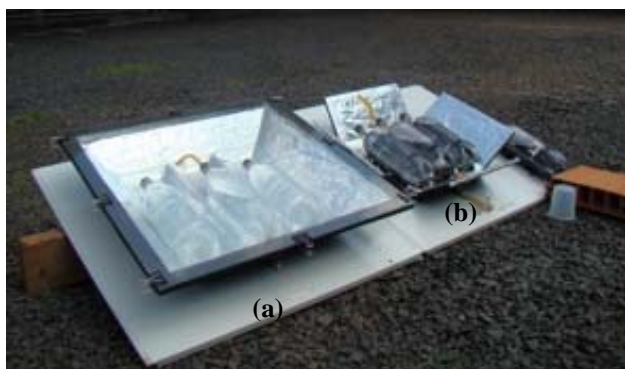


Figura 1 – (a) Concentrador solar utilizado neste trabalho; (b) Concentrador solar encontrado na literatura.

Os estudos da literatura sobre o assunto (PATERNIANI. 2005, EAWAG/SANDEC. 2002) mostram que as garrafas PET, dentro do concentrador solar são estocadas sequencialmente, uma encostada à outra. Tal disposição das garrafas prejudica a penetração da radiação solar na meia seção inferior das garrafas PET, como demonstra o esquema na Figura 2.

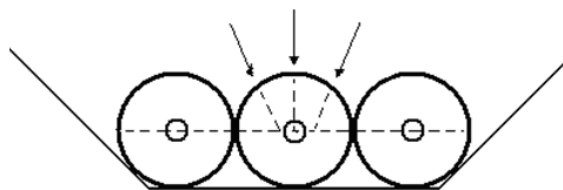


Figura 2 - Disposição das garrafas PET normalmente encontrada em trabalhos da literatura (PATERNIANI, 2005).

De acordo com EAWAG/SANDEC (2002) e PATERNIANI *et al.* (2005), a redução da penetração da radiação UV é proporcional ao aumento da profundidade da água. Em uma profundidade da água de 0,10 m e turbidez de 26 UNT, a radiação de UVA é reduzida aproximadamente 50%, de acordo com o apresentado na Figura 3. Com isso, observa-se a necessidade de disposições alternativas das garrafas PET na tentativa de elevar a porcentagem de radiação UVA penetrada na meia seção inferior da garrafa.

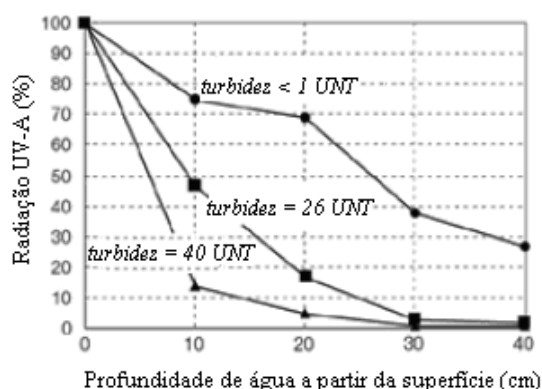


Figura 3 - Redução de radiação UVA em função da profundidade da água e turbidez (EAWAG/SANDEC, 2002)

Neste trabalho construiu-se um concentrador solar de formato diferenciado, com a introdução de cunhas entre as garrafas PET, objetivando a reflexão da radiação solar na meia seção inferior da garrafa. É importante salientar que a introdução de cunhas apenas tem aplicação nas garrafas transparentes.

Tal limitação de garrafas transparentes no concentrador solar com cunha permitiu realizar uma comparação do efeito sinérgico entre duas configurações diferentes: uma configuração consiste em concentrador solar usualmente estudado na literatura juntamente com garrafas PET encostadas e pintadas com tinta na cor preta na meia seção inferior; a outra configuração consiste em concentrador solar com cunhas juntamente com garrafas PET transparentes (não pintadas). As duas configurações estão esquematizadas na Figura 4.

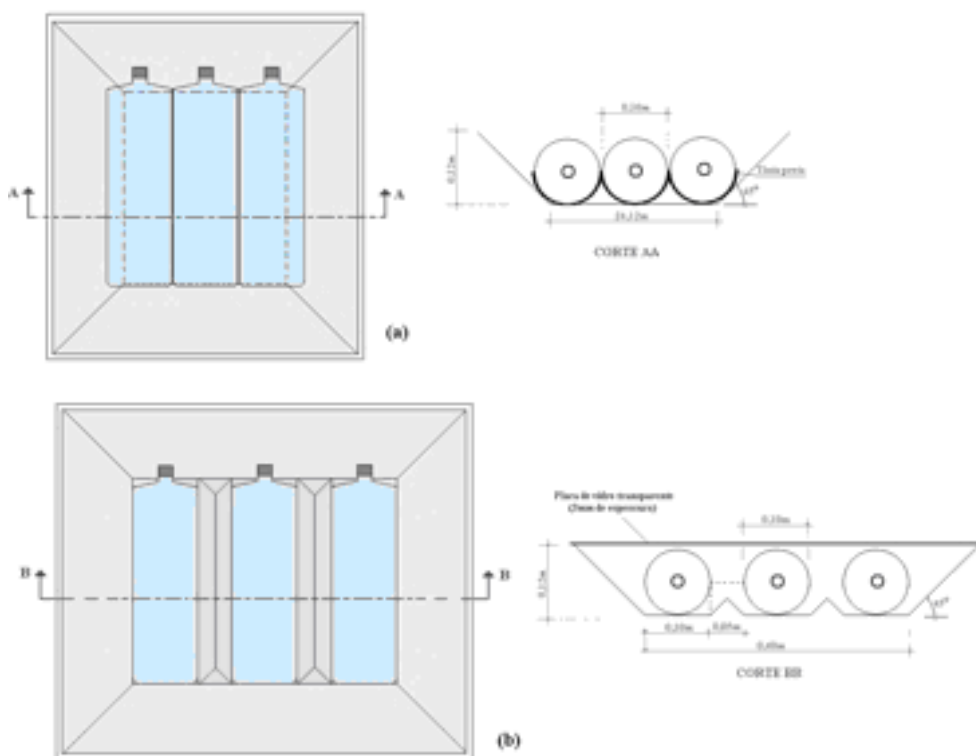


Figura 4 - (a) concentrador solar usualmente estudado na literatura juntamente com garrafas PET encostadas e pintadas com tinta na cor preta na meia seção inferior; (b) concentrador solar com cunhas juntamente com garrafas PET transparentes (não pintadas) proposto neste projeto.

QUALIDADE DE ÁGUA ESTUDADA

A água a ser exposta à radiação solar deve apresentar turbidez baixa, para que os sólidos suspensos e coloidais não atrapalhem a atuação da radiação solar junto aos microrganismos a serem inativados, de acordo com o observado na literatura da área (Figura 3). Nesta figura, para a turbidez da água menor que 1 UNT, a perda de radiação solar nos primeiros 0,10 m de profundidade é de 25 %.

Também a água deverá apresentar uma concentração elevada de coliformes fecais, alvo principal dos estudos. Diante de tais imposições de qualidade do afluente, optou-se, para este trabalho, a utilização de um afluente sintético, sendo a água destilada em laboratório contaminada com colônias puras de *E. coli*, na ordem de 10^6 UFC/mL, similar a alguns valores encontrados em trabalhos da literatura.

PARÂMETROS A SEREM ANALISADOS

Os parâmetros analisados seguem as recomendações atribuídas pela Portaria 518:2004, que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Com isso, os parâmetros analisados foram: temperatura (termômetro de mercúrio, °C), turbidez de aproximadamente 4 UNT (pelo método nefelométrico) e coliformes termotolerantes e *E. coli* (método de contagem direta em placa de petri).

Para este trabalho foi utilizado a bactéria *E. coli* como indicador de contaminação fecal, em função de vários fatores, tais como: número elevado em fezes humanas; ser detectável por métodos simples; não crescer em água naturais; ser persistente na água. Não se pode desconsiderar, também, que alguns organismos tais como *enterovirus*, *Cryptosporidium* e *Giardia* são mais resistentes do que *E. coli*, mostrando que a ausência de *E. coli* não indica necessariamente que a água esteja em condições satisfatória para consumo humano.



EXPERIMENTOS

As configurações analisadas foram definidas objetivando a comparação de eficiência de inativação do concentrador solar aqui proposto com concentradores existentes na literatura. Pretendeu-se aumentar a temperatura da água com a utilização de concentrador solar específico. Associado a isso, foram analisados os parâmetros descritos acima, para uma série de disposições das garrafas PET, para a mesma qualidade da água (turbidez aproximadamente igual a 4,0 UNT) e UFC/mL do microorganismo patogênico *E-coli*, onde:

- Configuração 1: Coleta de amostra de garrafa PET transparente protegida da radiação solar (Figura 5.a);
- Configuração 2: Coleta de amostra de garrafa pintada à meia seção em contato direto com a radiação solar e fora do concentrador (Figura 5.b);
- Configuração 3: Coleta de amostra de garrafa com pintura à meia seção com tinta preta dentro de concentrador típico da literatura (Figura 5.c);
- Configuração 4: Coleta de amostra de garrafa totalmente transparente disposta dentro de concentrador solar com cunha e fechamento com placa de vidro de 3 mm (Figura 5.d).

Os experimentos foram realizados em três dias na sequência, sendo 18/04/2009, 25/04/2009 e 12/05/2009. No primeiro dia foram coletadas 3 amostras (após 2, 4 e 6 horas de exposição à radiação solar) para cada configuração definida acima (Configuração 1, 2, 3 e 4). Nos outros dois dias foram coletadas 6 amostras (após 1, 2, 3, 4, 5 e 6 horas de exposição à radiação solar) também para cada configuração definida acima (Configuração 1, 2, 3 e 4).

A Figura 5 mostra um esquema das coletas em série, conseguindo, com isso, avaliar a eficiência de inativação de microrganismos patogênicos dispostos dentro e fora dos concentradores.

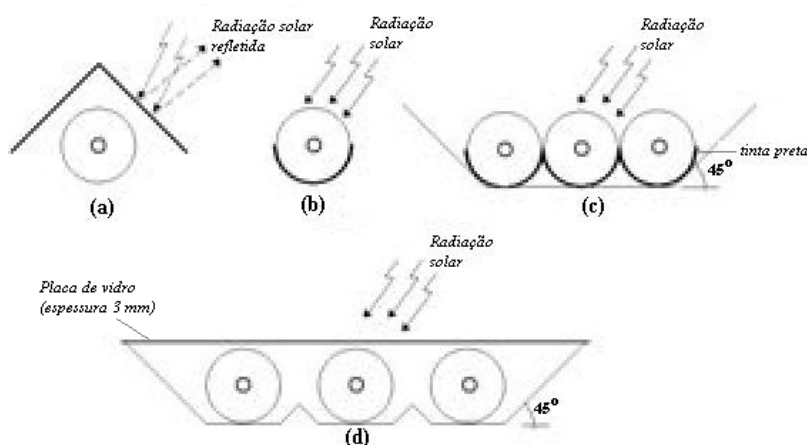


Figura 5: Configuração das garrafas nas coletas em série, onde: (a) Configuração 1; (b) Configuração 2; (c) Configuração 3; (d) Configuração 4.

Experimentos preliminares foram realizados a fim de testar as metodologias de coleta e de análise adotadas. Com isso, coletaram-se amostras apenas no tempo zero e no tempo final (após 6 horas de exposição à radiação solar). A determinação de *E. coli* contidos nas amostras foi feita por estimativa da densidade de bactérias, calculada a partir da combinação de resultados positivos e negativos, obtidos mediante a técnica de Tubos Múltiplos, sendo utilizadas tabelas de Número Mais Provável (NMP) de coliformes totais e fecais. Tais resultados não puderam ser utilizados como comparativos, por apresentarem resultados apenas para o tempo final, o qual culminou total desinfecção para todas as configurações.

Finalizados os experimentos ou testes preliminares, optou-se pelo método de contagem direta em placa usando a contagem em Agar L-EMB (Agar Levine Eosina Azul de Metileno) segundo protocolo recomendado por KORNACKI e JONHSON, 2001, cuja unidade é UFC/mL.

Os experimentos foram realizados no Campus Umuarama, na Universidade Federal de Uberlândia. A cidade de Uberlândia/MG situa-se na latitude 18°55'23"S. É importante salientar que o local de fixação dos concentradores possibilitou a exposição à radiação solar durante as 06 horas de experimento. Fica claro que os dias escolhidos para a realização dos trabalhos estavam ensolarados, para a otimização do processo de inativação de *E-coli*.



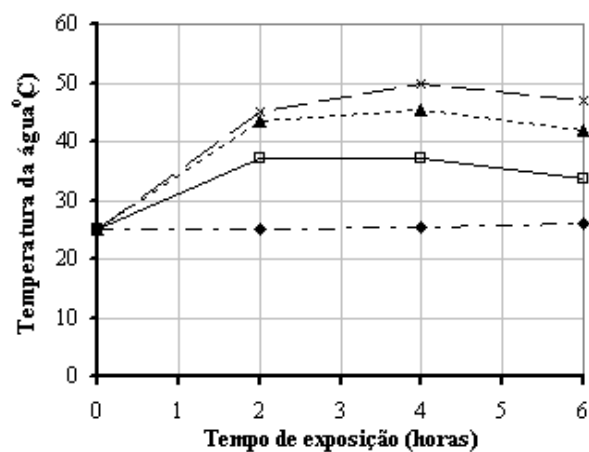
RESULTADOS

A Tabela 1 mostra as condições ambientais experimentais, incluindo radiação solar (Wh/m^2) e temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$). Para o primeiro dia de experimento, a temperatura do ar manteve-se entre $20,3^{\circ}\text{C}$ e $27,7^{\circ}\text{C}$. No segundo e terceiro dia, a temperatura do ar variou, respectivamente, entre $17,1^{\circ}\text{C}$ até $27,9^{\circ}\text{C}$ e $24,6^{\circ}\text{C}$ até $29,0^{\circ}\text{C}$. A interpretação das condições experimentais relativas à radiação solar é facilitada pelos gráficos mostrados na Figura 7, onde, de uma forma geral e conforme já era esperado, a radiação solar é máxima aproximadamente de 12:00 até 13:00 hs em todos os dias.

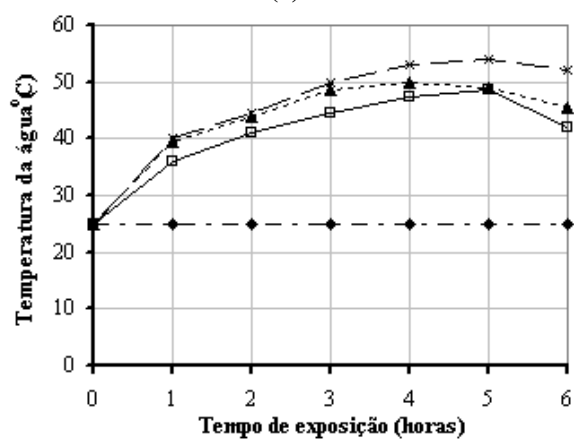
A variação da temperatura da água ao longo do tempo de exposição com a radiação solar, para as 4 configurações estudadas, está mostrada na Figura 6. A Configuração 1 não apresentou variação na temperatura da água, em virtude de estar protegido da radiação solar. Já as Configurações 2, 3 e 4 apresentaram evolução da temperatura da água ao longo do tempo de exposição à radiação solar. Para um mesmo tempo de exposição, o concentrador solar específico proposto neste trabalho (Configuração 4) sempre apresentou maior temperatura da água seguida, na sequência decrescente, pelas configurações 3 e 2.

Tabela 1 – Resultados obtidos para as 4 configurações: radiação solar, temperatura do ar, temperatura da água e *E. coli*.

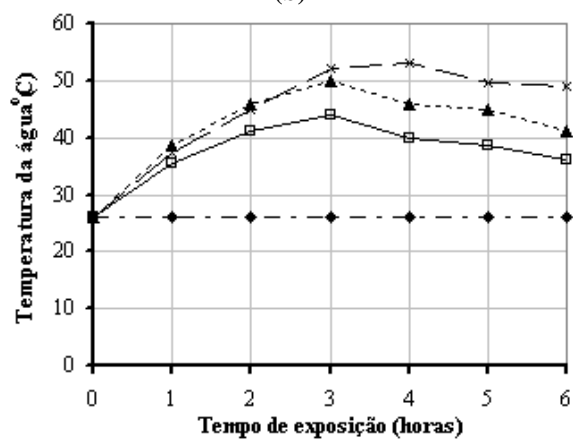
18 de abril de 2009										
Horário	Radiação solar (Wh/m^2)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Configuração 1		Configuração 2		Configuração 3		Configuração 4	
			$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)
9:00	212,472	20,3	25,0	2,180	25,0	2,180	25,0	2,180	25,0	2,180
11:00	650,278	24,1	25,0	1,390	37,0	0,980	43,5	0,740	45,0	0,530
13:00	897,222	26,3	25,5	1,380	37,0	1,270	45,5	0,090	50,0	0,000
15:00	688,056	27,7	26,0	1,720	33,5	0,760	42,0	0,030	47,0	0,020
25 de abril de 2009										
Horário	Radiação solar (Wh/m^2)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Configuração 1		Configuração 2		Configuração 3		Configuração 4	
			$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)
9:00	606,67	17,1	25,0	7,130	25,0	7,130	25,0	7,130	25,0	7,130
10:00	736,39	18,5	25,0	6,735	36,0	1,475	39,5	3,395	40,0	0,965
11:00	798,33	21,0	25,0	6,565	41,0	0,945	44,0	0,865	44,5	0,610
12:00	516,67	23,7	25,0	6,675	44,5	0,765	48,5	0,205	50,0	0,005
13:00	400,00	25,5	25,0	6,675	47,5	0,385	50,0	0,170	53,0	0,050
14:00	549,72	26,3	25,0	6,975	48,5	0,175	49,0	0,080	54,0	0,050
15:00	396,11	27,9	25,0	7,460	42,0	0,045	45,5	0,030	52,0	0,020
12 de maio de 2009										
Horário	Radiação solar (Wh/m^2)	T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$)	Configuração 1		Configuração 2		Configuração 3		Configuração 4	
			$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)	$T_{\text{água}}$ ($^{\circ}\text{C}$)	<i>E. coli</i> ($\cdot 10^6$) (UFC/mL)
9:00	379,17	24,6	26,0	3,470	26,0	3,470	26,0	3,470	26,0	3,470
10:00	565,28	25,6	26,0	3,560	35,5	0,490	38,5	0,250	37,5	1,495
11:00	704,17	26,5	26,0	3,190	41,0	0,180	46,0	0,025	45,0	0,400
12:00	777,78	27,6	26,0	3,330	44,0	0,100	50,0	0	52,0	0,005
13:00	764,72	27,9	26,0	3,290	40,0	0,075	46,0	0	53,0	0,005
14:00	594,72	29,0	26,0	3,820	38,5	0,070	45,0	0	49,5	0,010
15:00	543,33	28,4	26,0	3,020	36,0	0,060	41,0	0	49,0	0,015



(a)



(b)



(c)

Figura 6 – Variação da temperatura da água em função do tempo de exposição à radiação solar para os experimentos realizados nos dias: (a) 18/04/2009; (b) 25/04/2009; (c) 12/05/2009.

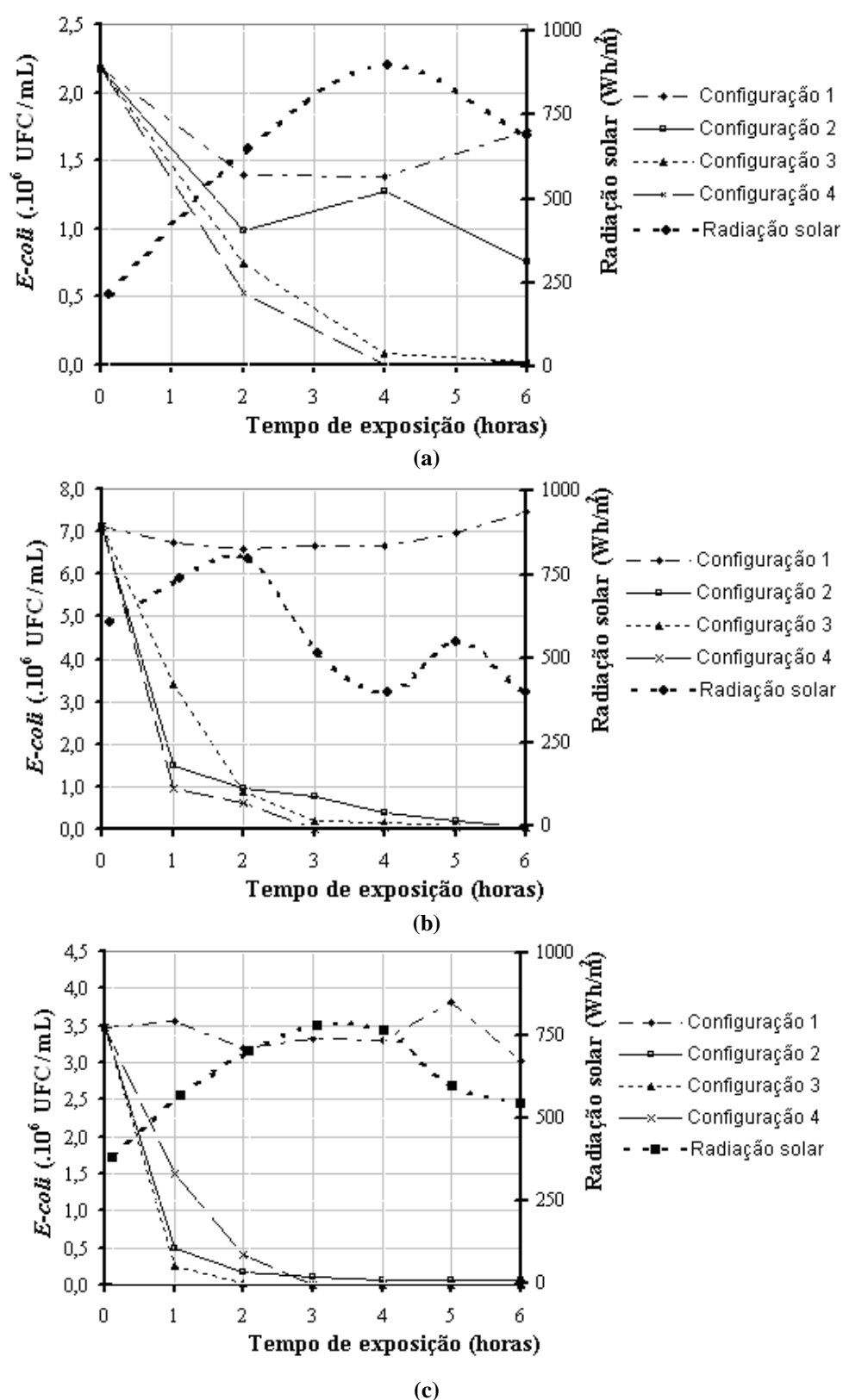


Figura 7 – Inativação de *E. coli* (UFC/mL) e radiação solar (Wh/m²) em função do tempo de exposição (h) para os experimentos realizados nos dias: (a) 18/04/2009; (b) 25/04/2009; (c) 12/05/2009.

As contagens UFC/mL de *E. coli* em função do tempo de exposição estão mostradas na Figura 7. A Configuração 1 não apresentou nenhuma tendência de inativação microbiana, onde as pequenas variações



apresentadas nas Figuras 7a, 7b e 7c são decorrentes das limitações da metodologia utilizada na quantificação microbiana. Já as configurações 2, 3 e 4 apresentaram uma mesma tendência para as curvas formadas, com exceção dos tempos 4 e 5 horas na Configuração 2 (Figura 7a). Essa diminuição de inativação não pode associar-se à radiação solar, visto que as Figuras 7a, 7b e 7c mostram que, no dia 18/04/2009, a radiação nos tempos de exposições solares de 4, 5 e 6 horas foram maiores do que os outros dois dias. Com isso, possíveis erros ou limitações de análises laboratoriais explicam esta discrepância em relação a tendência normal das curvas.

As Configurações 3 e 4 mostraram comportamentos similares para a inativação microbiana, com aproximadamente 99,35% e 99,84% de inativação após 6 horas de tempo de exposição, respectivamente, de acordo com a Tabela 2. Esta tabela também mostra que a média de inativação, para os 3 dias experimentais, foi ligeiramente superior para a Configuração 4, dando a devida credibilidade aos resultados de inativação obtidos pelo concentrador solar específico proposto.

Tabela 2 – Porcentagem média de inativação microbiana para os 3 dias de experimentos.

Tempo de exposição (horas)	Configuração 2	Configuração 3	Configuração 4
1	82,60	72,59	71,69
2	78,87	84,40	85,20
3	90,00	98,30	99,30
4	87,00	97,73	99,40
5	97,76	99,32	99,51
6	87,59	99,35	99,84

A Figura 8 mostra uma representação gráfica dos resultados descritos na Tabela 2, que facilita a visualização de eficiência de inativação. Como era de se esperar, a Configuração 2 apresentou menor eficiência para a maioria dos tempos de exposições estudados, em função da ausência de concentrador. Também, os resultados de inativação ligeiramente maiores na Configuração 4 em relação à Configuração 3 são frutos do efeito sinérgico da temperatura da água e da radiação solar na inativação microbiana existente nesta Configuração, conforme esquematizado na Figura 5.

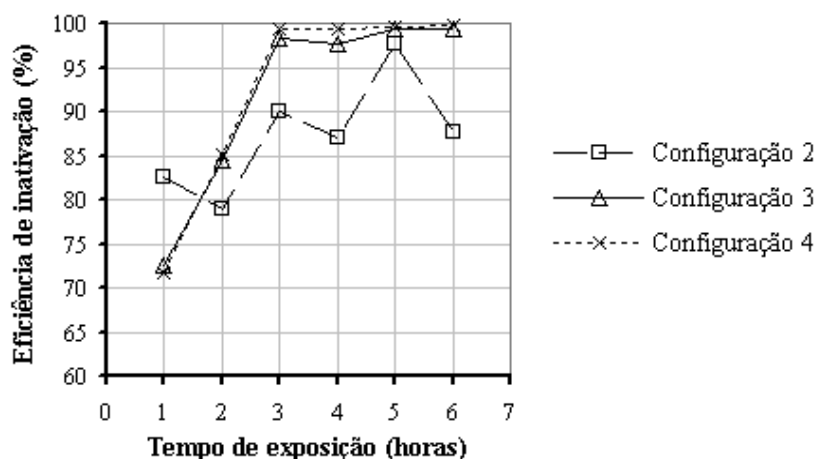


Figura 8 – Eficiência de inativação microbiana em função do tempo de exposição à radiação solar

A análise individual da Configuração 4, alcança-se uma formulação empírica com auxílio de linha de tendência polinomial, para UFC/mL de *E. coli* remanescente em função do tempo de exposição em horas. É importante alertar que tal equacionamento aplica-se à desinfecção solar de água de consumo apenas para a situação onde: a qualidade de água é similar à utilizada neste trabalho; utilização do mesmo tipo e geometria de concentrador solar; local de fixação do concentrador solar esteja aproximadamente na mesma latitude; além de similar radiação solar incidente. A formulação empírica resulta em:

$$\log (N/N_0) = 0,0493.t^2 - 0,763.t$$

equação (1)

A linha de tendência mostrada na Figura 9 apresentou $R^2 = 0,9241$. O valor de R^2 e os desvios mostrados na Tabela 3 evidenciam que existe certa limitação quanto ao ajuste da curva aos pontos experimentais. Para todos os tempos de exposições estudados obtiveram-se valores teóricos (ajustados) de $\log (N/N_0)$ de qualidade razoável, o que pode ser comprovado através da porcentagem máxima de 18,3% nos desvios observados.

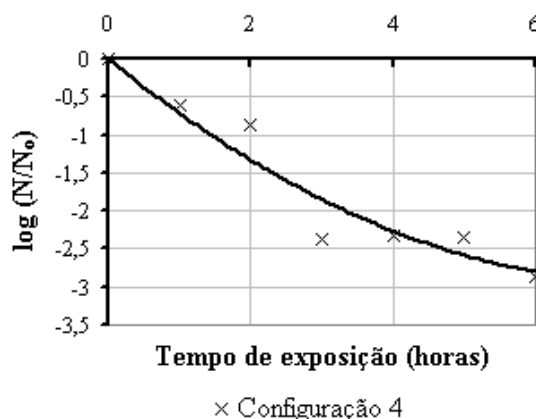


Figura 9 – Linha de tendência para *E. coli* remanescente em função do tempo de exposição.

Tabela 3 – Desvios da linha de tendência (dados teóricos) em relação aos dados empíricos de $\log (N/N_0)$

Tempo de exposição (h)	Configuração 4		(*) Desvio (%)
	(1) $\log (N/N_0)$ empírico	(2) $\log (N/N_0)$ teórico	
1	-0,732	-0,7137	2,61
2	-1,176	-1,3288	-11,51
3	-1,913	-1,8453	3,68
4	-1,849	-2,2632	-18,30
5	-2,294	-2,5825	-11,19
6	-2,360	-2,8032	-15,83

$$(*) = \{[(1)-(2)]/(2)\} \cdot 100$$

CONCLUSÕES

Pelos resultados encontrados foi possível avaliar o efeito sinérgico da temperatura e da radiação UV através do novo formato de concentrador solar aqui proposto. Conseguiu-se alcançar temperatura da água superior a 50% após 3 horas de tempo de exposição, em 2 dias de experimentos.

As curvas de inativação de *E. coli* apresentaram uma mesma tendência ao longo do tempo de exposição para todas as configurações estudadas, com uma ligeira vantagem da Configuração 4 aqui proposta, alcançando o máximo de inativação de 99,84%.

Acredita-se que o objetivo inicial de inativação de *E. coli* de 99,99% poderá ser alcançado em dias mais quentes, com maior radiação solar incidente ao longo das 6 horas de tempo de exposição. Os resultados obtidos nas Figuras 6a, 6b e 6c (Variação da temperatura da água em função do tempo de exposição à radiação solar para os experimentos realizados nos dias: (a) 18/04/2009; (b) 25/04/2009; (c) 12/05/2009) mostram que tempos de exposições maiores que 6 horas possivelmente não otimizarão a desinfecção solar, de acordo com a tendência de linearidade apresentada nas curvas após o tempo de exposição de 3 horas, para todas as configurações estudadas.

Comparando o concentrador solar aqui proposto (Configuração 4) com os existentes na literatura da área, observa-se que, para todos os tempos de exposições estudados, esta configuração apresentou maior eficiência de inativação de *E. coli*.



A linha de tendência encontrada para ajuste dos pontos experimentais apresentou qualidade aceitável, onde para todos os tempos de exposições estudados obtiveram-se valores teóricos de $\log (N/N_0)$ (ajustados) com desvios entre 2,61 e 18,30%.

De uma forma geral, os resultados foram satisfatórios, podendo contribuir, a custo muito baixo, para a melhoria da qualidade de água de consumo para comunidades carentes, na tentativa de evitar a disseminação de doenças graves como diarreia, cólera e febre tifóide.

AGRADECIMENTOS

O primeiro e o último autores agradecem a Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia pela bolsa de iniciação científica fornecida ao primeiro autor e pela colaboração financeira à montagem experimental e à publicação deste trabalho.

Agradecem também a Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia, que possibilitou a realização das análises laboratoriais de *E. coli*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEZERRA, NOLAN et al. O Fortalecimento da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano no Setor Saúde, VIGIAGUA. (FUNASA – Centro Nacional de Epidemiologia - Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde, Organização Pan – Americana da Saúde – OPAS & Organização Mundial de Saúde – OMS). 2001.

EAWAG/SANDEC - Swiss Federal Institute Of Environmental Science And Technology And Department Of Water And Sanitation In Developing Countries – Solar Water Disinfection. A guide for the application of SODIS. October. www.sodis.ch. 2002.

KORNACKI, J.L.; JONHSON, J.L. Enterobacteriaceae, coliformes and Escherichia coli as quality and safety indicators, In:DOWNWA, F.P. and K. ITO (ed.). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4th ed. Amerciam Public Health Association, Washington, D.C., 2001. Chapter 8, p.69-82.

PATERNIANI, J.E.S. & SILVA, M.J.M. Desinfecção de efluentes com tratamento terciário utilizando energia solar (SODIS): avaliação do uso do dispositivo para concentração dos raios solares. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 10, no. 01, p. 09-13, 2005.

PEREIRA, HENRIQUETA M. CAMENHE; SANCHÉS, IVANHOE GONZÁLES; NDINELAO, MARTA Impacto das Doenças Hídricas sobre a Saúde Pública e a Educação, Huíla, Angola, 2006.

PORTARIA 518:2004 – Padrão de Potabilidade e pontos de amostragem.

SODIS Desinfecção Solar da Água - O método. Disponível em: < <http://www.sodis.ch>>. Acesso em: 26 jul. 2008.

UNICEF Água é vida, saneamento é dignidade – Dia Mundial da Água, 22 de março. Disponível em: <<http://www.unicef.org/brazil>>. Acesso em: 22 jul. 2008.

UNICEF - FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA E ADOLESCÊNCIA Situação Mundial da Infância 2005, Nova Iorque, 2004. Disponível em: <www.unicef.org/brazil>. Acesso em: 22 jul. 2008.