

## XI-027 - CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA PARA USO EM UM PROTÓTIPO DE CASA AUTO-SUSTENTÁVEL

**Michele Laurentino de Oliveira<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenheira Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba, (aluna de Iniciação Científica).

**Whelton Brito dos Santos**

Graduando em Engenheira Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba, (aluno de Iniciação Científica).

**Carlos Antônio Pereira de Lima**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

**Fernando Fernandes Vieira**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

**Geralda Gilvânia Cavalcanti de Lima**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal da Paraíba. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Paraíba. Professor da Universidade Estadual da Paraíba.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua dos Avelozes, 57- Malvinas – Campina Grande - Paraíba - CEP: 58432785 - Brasil - Tel: +55 (83) 8881-8944 - e-mail: michele.laurentino@gmail.com

### RESUMO

A energia solar está sendo cada vez mais utilizada para o aquecimento de água, tanto para o uso industrial, comercial e residencial, apresentando, esta última, um crescimento muito expressivo nos últimos anos, principalmente pela relação custo-benefício, onde os coletores solares que são fabricados com materiais alternativos apresenta um preço bastante atrativo e acessível para a população de baixa renda. Para um país como o Brasil o coletor solar é uma boa alternativa, pois a energia solar existe em abundância na região tropical, onde está localizada a maior parte do território brasileiro. O presente trabalho vem relatar um estudo realizado sobre coletores solares e reservatórios de baixo custo, mostrando sua eficácia no aquecimento da água por essa fonte de energia. Foram realizados 6 experimentos e, em cada um utilizou-se 20L de água, que permaneceram no sistema por 9 horas consecutivas (8h - 17h), de exposição ao sol. Os dados de temperatura foram coletados através de uma central de termopar, onde cada sensor foi colocado em pontos estratégicos para se obter a capacidade de transferência de calor. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, mostrando um considerável aumento na temperatura da água que entra em relação a que sai do coletor, como também a eficácia do isolamento do reservatório onde a temperatura da água permanece praticamente constante, mostrando ser um projeto economicamente viável e apresentando uma boa relação custo-benefício quando comparado a coletores solares convencionais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aquecimento de água, energia solar, custo-benefício, coletores solares.

### INTRODUÇÃO

O sol é uma fonte de energia alternativa limpa, disponível em todo o mundo e inesgotável. Com isso cada vez mais se encontram estudos sobre esse tipo de fonte de energia, onde os mesmos mostram enormes benefícios em longo prazo. A energia solar pode ser utilizada de duas formas: como produção de calor ou como produção de energia elétrica. A produção de calor é utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes, já a produção de energia elétrica, se dá por efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico.

Após a Revolução Industrial o aumento do consumo de energia mais que triplicou e recentes estudos apontam uma tendência de crescimento da demanda energética em decorrência da recuperação econômica nos países em desenvolvimento. (PEREIRA et al, 2006).

Sabemos que as fontes de energia mais empregadas são os chamados combustíveis fósseis, como o petróleo, o carvão e o gás natural. Essas fontes são chamadas de fontes esgotáveis e seu consumo desenfreado pode acarretar vários problemas ambientais. Outras formas de energia que também é muito utilizada são as energias naturais e renováveis. Foi pensando nesses problemas que cada vez mais estão sendo realizados estudos sobre energias alternativas.

A energia solar vai aumentar a segurança energética dos países através da dependência de um recurso endógeno, inesgotável e, principalmente, independente de importação, o que aumentará a sustentabilidade, reduzirá a poluição, reduzirá os custos de mitigação das mudanças climáticas e manterá os preços dos combustíveis fósseis mais baixos. (AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA, 2011).

A energia térmica utilizada para o aquecimento da água em residências é composto por dois elementos básicos: o coletor solar, que aquece a água, e o reservatório térmico (ou "boiler"), que armazena a água aquecida. O coletor solar é um dispositivo onde pode-se verificar a transmissão do calor através dos três processos: condução, convecção e radiação. Nesse trabalho será abordada a forma de energia solar como fonte de energia térmica.

O funcionamento do sistema se inicia quando a energia solar irradiante, incidem sobre a superfície negra do coletor. A energia absorvida transforma-se em calor e aquece a água que está no interior dos coletores. A água aquecida diminui a sua densidade e começa a se movimentar em direção ao reservatório, dando início a um processo natural de circulação da água, chamado de termo-sifão. Para tanto o reservatório deve estar mais alto que os coletores. Esse processo é contínuo, enquanto houver uma boa irradiação solar ou até quando toda água do circuito atingir a mesma temperatura. Para que a circulação ocorra de forma satisfatória o coletor deve ter a seguinte inclinação: a latitude do local acrescida de 10 graus.

O reservatório é do tipo misto, onde fica armazenada a água fria, assim pelo princípio da estratificação a parte superior do volume de água armazenado fica aquecida e o volume inferior se mantém fria, sem a necessidade de nenhuma barreira física para separar a água fria da água quente.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba, em Campina Grande - PB, no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Onde o sistema ficou exposto ao sol durante todo o dia.

O sistema de aquecimento é composto pelo coletor solar do tipo plano e um reservatório térmico de água, construídos com materiais alternativos. O coletor solar utilizou-se uma estrutura retangular de alumínio de dimensão (69,5 x 148,5) cm, e placas de PVC (usadas como forro em casas e escritórios) e tubos de PVC, para o reservatório térmico foi usado um tambor plástico de 20 litros isolado com folhas poliestireno, como é apresentado na figura 02.

O sistema foi operado no modo passivo ou termossifão, onde a circulação da água é feita naturalmente, através do aquecimento do mesmo, fazendo com que sua massa específica diminua e o seu volume aumente, a água quente é menos densa que a água do reservatório, portanto a água fria mais densa empurra a água quente para o reservatório, gerando a circulação.

A obtenção dos dados foi feita através de dispositivos eletrônicos chamados de termopares, foram utilizados 5 sensores distribuídos em posições estratégicas para se obter a capacidade de transferência de calor. Descritas abaixo e ilustrada na figura a seguir 1.

- $T_1$ : Temperatura de entrada da água fria no coletor;
- $T_2$ : Temperatura de saída da água aquecida do coletor;
- $T_3$ : Temperatura no fundo do reservatório;
- $T_4$ : Temperatura no coletor;
- $T_5$ : Temperatura ambiente;



**Figura 1: Sistema de aquecimento solar.**

Os dados foram coletados sempre com o coletor orientado para a região norte, de modo que favorecesse a incidência da radiação solar, a coleta foi realizada no mês de fevereiro de 2014 durante seis dias por 8h consecutivas (8h - 17h) com intervalos de 1h.

## RESULTADOS OBTIDOS

Foram feitos vários testes no sistema, onde foi possível observar se sua inclinação estava correta, não tinha nenhum vazamento e também não tinha bolhas de ar dentro do sistema, onde isso poderia comprometer a circulação da água. Após todos os testes foi iniciada a coleta dos dados, onde os resultados são mostrados na tabela 1.

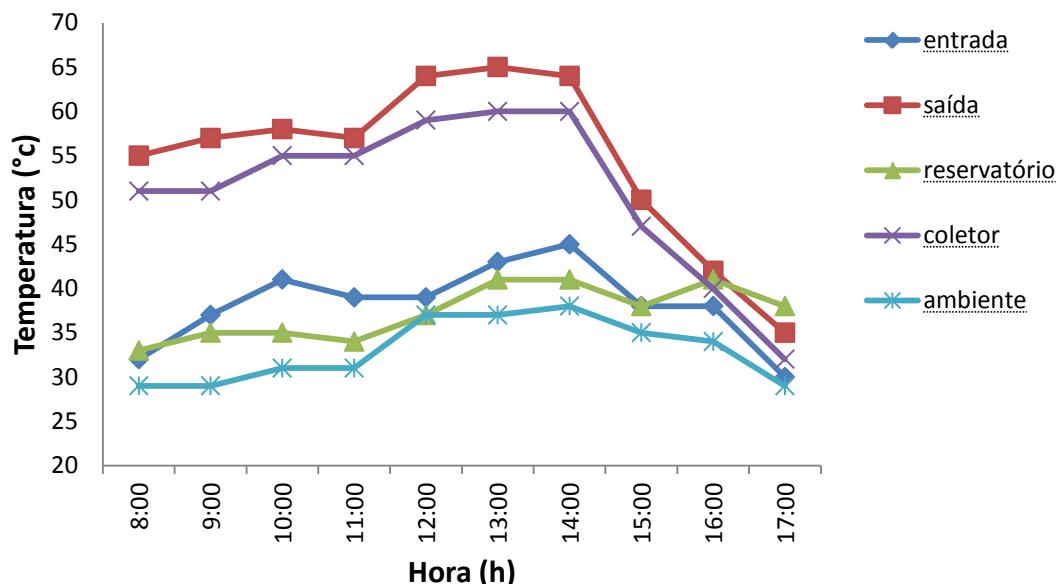
**Tabela 1: Temperaturas máximas e mínimas de todos os pontos coletados**

Data	Temperatura (°C)									
	Entrada ( $T_1$ )		Saída ( $T_2$ )		Reservatório ( $T_3$ )		Coletor ( $T_4$ )		Ambiente ( $T_5$ )	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
13/02	31	47	36	65	27	44	35	61	33	42
14/02	29	39	36	64	28	42	37	65	29	39
17/02	32	38	38	73	27	37	39	70	32	39
18/02	32	43	35	65	33	41	32	62	29	37
19/02	24	39	35	56	29	34	38	54	28	36
20/02	29	45	39	74	28	37	34	54	30	40

Com esses dados foi possível calcular a quantidade de calor absorvida pelo coletor, através dos valores máximos e mínimos na entrada ( $T_1$ ) e saída ( $T_2$ ) do coletor. Chegando a uma eficiência térmica média de 60%, a temperatura máxima alcançada chegou a 74°C, onde para um coletor solar de baixo custo, foi um resultado bastante satisfatório se comparado com um coletor solar convencional.

Como a água chega a 74°C se tem a necessidade de um misturador com água fria, aumentando consideravelmente de água morna.

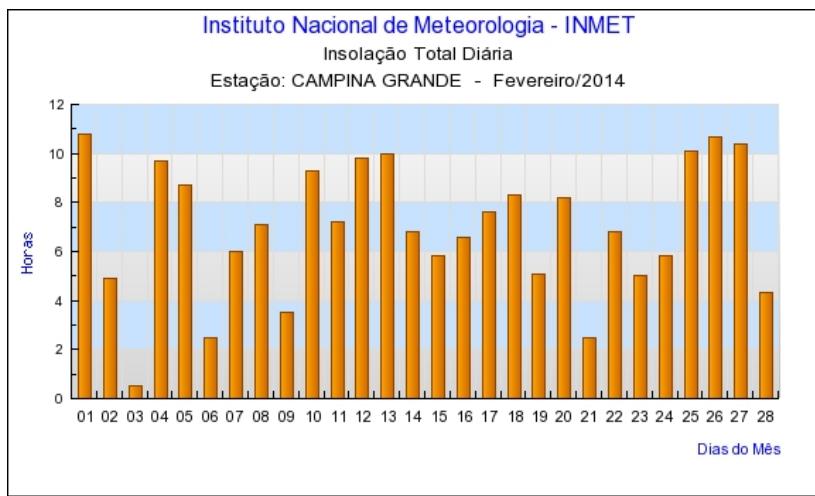
A figura 2 representa o comportamento de temperatura de cada ponto de coleta, onde pegamos um experimento e tomamos como exemplo, pois todos os outros experimentos se comportam basicamente da mesma forma.



**Figura 2: Comportamento da temperatura em cada ponto de coleta.**

Observando a figura 2 é possível analisar que às 12:00 é o horário de pico da temperatura, onde alcança a saída a 65°C, isso se dá por que às 12:00 é o horário onde a radiação solar é mais intensa. Para todos os experimentos esse horário foi o que alcançou uma maior temperatura.

O tempo de insolação está ligado diretamente com a capacidade de transferência de calor, com isso se mostrou interessante a pesquisa do tempo de insolação na cidade de Campina Grande, no mês que foi coletado os dados.



**Figura 2: Insolação diária do mês de fevereiro na cidade de Campina Grande. Fonte: INMET.**

Como foi possível observar na Figura 2 Campina Grande tem uma localização favorável em relação à insolação, onde a média de insolação dos dias coletados ficou entre 7h à 8h por dia, mostrando que o sistema de aquecimento solar é bastante viável para essa área.

## CONCLUSÃO

Os resultados obtidos mostraram que o sistema proposto é bastante satisfatório, tanto em relação custo benefício, quanto em relação ambiental, podendo ser citado os seguintes pontos positivos:

- Preservação ambiental;
- Preservação de energia;
- Possibilidade de geração de empregos;
- Economia financeira familiar;
- Conscientização política.

Com essas inúmeras vantagens fica aos engenheiros e arquitetos, que as futuras construções civis sejam projetadas e executadas a fim de permitir a utilização do sistema de aquecimento solar pelos usuários. Aos profissionais da área cabe sempre buscar incentivos nas áreas de pesquisas e desenvolvimento da tecnologia de aquecimento solar, pois ainda há o que melhorar, desenvolvendo novos modelos mais eficientes que auxiliem na conservação de energia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AITA, Fernando. Estudo do desempenho de um sistema de aquecimento de água por energia solar e gás. 2006. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia, na área de concentração em energia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS. Porto Alegre, 2006.
2. NIEMEYER, R. C. Construção um coletor solar inflável. 2006. 91f. Projeto de graduação (Engenharia Mecânica) - Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2006.
3. ARRUDA, L. B., 2004. Operação de Sistemas de Aquecimento Solar de Água Com Controles de Vazões em Coletores Planos. Tese de Doutorado. POLI/USP. São Paulo, Brasil.
4. Vieira, Luiz Rosa, 2001. Estratégias para Minimizar o Consumo de Energia Elétrica no Apoio a Sistemas Solares de Aquecimento de Água. Dissertação de Mestrado. PROMEC. UFRGS. Porto Alegre, Brasil.