

## PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM CONCENTRADOR CILÍNDRICO PARABÓLICO PARA AQUECIMENTO DE FLUIDOS.

Paula Cordeiro Rodrigues da Cunha (\*), Kássia Graciele dos Santos, Patrícia Moisés Urias, Karla Santos de Araújo

\* Universidade Federal do Triângulo Mineiro – [paulacrc89@gmail.com](mailto:paulacrc89@gmail.com)

### RESUMO

A energia solar vem se consolidando como uma alternativa energética promissora para enfrentar os desafios da expansão da oferta de energia com menor impacto ambiental. Nesse contexto, apresenta-se o projeto e construção de um concentrador solar cilindro parabólico para aquecimento de fluidos. A superfície parabólica do concentrador solar foi construída com chapa de zinco com dimensões determinadas de modo a permitir melhores condições para a operação e construção do sistema. Segmentos de espelhos constituíram a superfície refletora. A tubulação absorvedora foi composta inicialmente por um tubo de cobre. Os ensaios experimentais realizados com o objetivo de determinar a eficiência do concentrador solar foram realizados em batelada, sendo o tubo absorvedor preenchido com 1131 cm<sup>3</sup> de água. A temperatura máxima alcançada foi 86 °C, o que resultou em um a eficiência útil de 72%.

**PALAVRAS-CHAVE:** concentrador cilindro parabólico, concentradores solares, energia solar, fontes renováveis

### INTRODUÇÃO

O homem, ao longo dos anos, modificou seu padrão de vida utilizando a tecnologia para viver melhor, o que implicou em um maior consumo de energia. Os elementos não renováveis são os principais combustíveis utilizados pela sociedade, o que agrava ainda mais a condição futura de disponibilidade de energia, dado que são produtos finitos (SÁLES, 2008).

Dessa forma, o aumento de consumo aliado à crise de petróleo na década de 70, acirrou a corrida por novas fontes alternativas de energia, surgindo a necessidade de intensificar as pesquisas e investimentos na busca por soluções energéticas.

Além disso, as tecnologias não renováveis de energia não são ecologicamente apropriadas e podem provocar sérias e irreversíveis mudanças climáticas, o que torna inevitável o direcionamento às fontes renováveis.

Essa crescente consciência da necessidade de combustíveis alternativos resultou em uma expansão da pesquisa e desenvolvimento de sistemas solares. O aquecimento solar de água, a geração indireta de energia elétrica através do uso de concentradores solares e a conversão direta da energia solar em energia elétrica através do uso de células fotovoltaicas representam aplicações extremamente viáveis e suas utilizações têm crescido, exponencialmente em todo o mundo (REIS, 2009).

Nesse contexto, buscou-se desenvolver um projeto contextualizado com a necessidade atual por soluções limpas e seguras para geração de energia térmica. Para isso, foi proposto o projeto e a construção de um concentrador solar cilindro parabólico para concentrar a energia luminosa/térmica proveniente dos raios solares e, com ela, aquecer o fluido de trabalho.

### METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto, primeiramente foi realizado o projeto do concentrador solar, que consistiu em definir as características geométricas do sistema.

Para isso, estipulou-se uma largura de calha de 1,25 m. Com este valor, utilizou-se a equação da parábola e arbitrou-se valores para a altura do foco ( $f$ ), obtendo-se diversos valores para a altura da calha ( $x$ ). A tabela 1 apresenta os cálculos utilizados para otimizar a escolha da altura do foco.

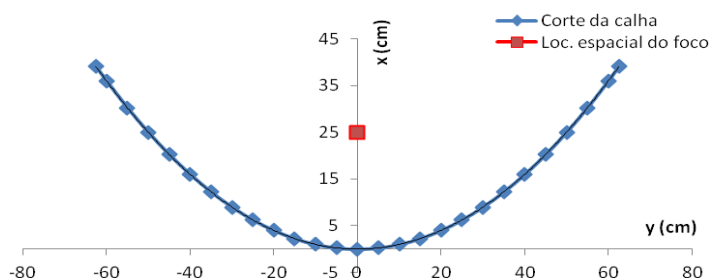
**Tabela 1. Cálculo da altura da calha para diversas alturas de foco**

$f$ (cm)	$x$ (cm)
----------	----------

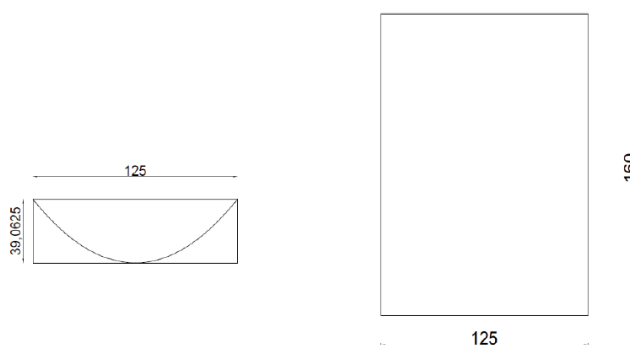
5	195,3125
10	97,65625
15	65,10417
20	48,82813
25	39,06250
30	32,55208
35	27,90179
40	24,41406
45	21,70139
50	19,53125
55	17,75568

Segundo Matrai (2008), se o foco linear se localizar a uma altura muito superior à borda da calha, a mesma refletirá os raios solares apenas na parte inferior do tubo aquecedor. Em contrapartida, se o mesmo estiver muito próximo à origem, a calha deverá possuir uma altura muito grande, o que dificulta a construção e aumenta os custos de projeto. Desse modo, optou-se por uma altura de foco de 25 cm, o que corresponde a uma altura de calha de aproximadamente 39 cm.

Com o foco ( $f$ ) definido, determinou-se diversos pontos da curva, obtendo-se o perfil parabólico desejado, conforme pode ser visto na figura 1. O perfil obtido foi gerado no *software* CAD, como poder ser observado na figura 2.



**Figura 1. Curvatura parabólica da calha utilizada no projeto**



**Figura 2. Perfil parabólico obtido no software CAD**

A construção do sistema foi realizada em cinco etapas: confecção da estrutura de apoio, do sistema de trava angular, do tubo de aquecimento, da calha paraboloide e, por fim, a fixação dos espelhos.

A estrutura de apoio foi construída com metalon. Esta possui 200 cm de comprimento, 120 cm de largura e 140 cm de altura. Uma estrutura piramidal foi confeccionada de modo a reforçar todas as junções de ângulo reto. O eixo rotativo também foi construído com metalon.

O sistema de trava angular foi composto por borboletas que possibilitavam o travamento da calha paraboloide conforme desejado.

O tubo absorvedor foi colocado na linha de foco. Utilizou-se um tubo de cobre com diâmetro de 3 cm e 160 cm de comprimento. Este tubo foi revestido com tinta preta fosca de modo a aumentar absorção dos raios refletidos.

Barras de ferro chato foram dobradas conforme o perfil parabólico obtido. Essas barras foram utilizadas para apoio do suporte de metalon. Este, por sua vez, permitiu a fixação e moldagem correta de uma chapa de zinco, obtendo-se, dessa forma, uma superfície com curvatura e dimensões desejadas.

Utilizou-se retalhos de espelhos inutilizados e doados por uma vidraçaria localizada em Uberaba-MG. Estes foram cortados em tiras de tamanhos iguais (53 x 5 cm) de modo a acompanhar a curvatura da calha. As tiras de espelho foram coladas com cola a base de silicone sob a chapa de zinco.

A figura 3 mostra o concentrador obtido.



**Figura 3. Concentrador solar cilindro parabólico**

Para a realização dos testes de eficiência do concentrador, o tubo aquecedor foi preenchido com 1131 cm<sup>3</sup> de água, sendo, portanto um teste realizado em batelada. Para isso, em uma das extremidades do tubo, colocou-se uma válvula do tipo esfera conectada a uma mangueira, sendo esta ligada a uma torneira. Na outra extremidade foi realizado um furo de pequeno diâmetro, de modo a permitir o posicionamento de um termômetro de mercúrio no interior do tubo.

Após a montagem do sistema, torneira e válvula foram abertas e observou-se o momento que a água transbordava na outra extremidade do tubo para, então, fechar a válvula esfera. Mediu-se a temperatura da água na saída da torneira. As leituras de temperatura da água no interior do tubo absorvedor foram realizadas em intervalos regulares de 10 minutos, sendo a duração de cada ensaio de três horas.

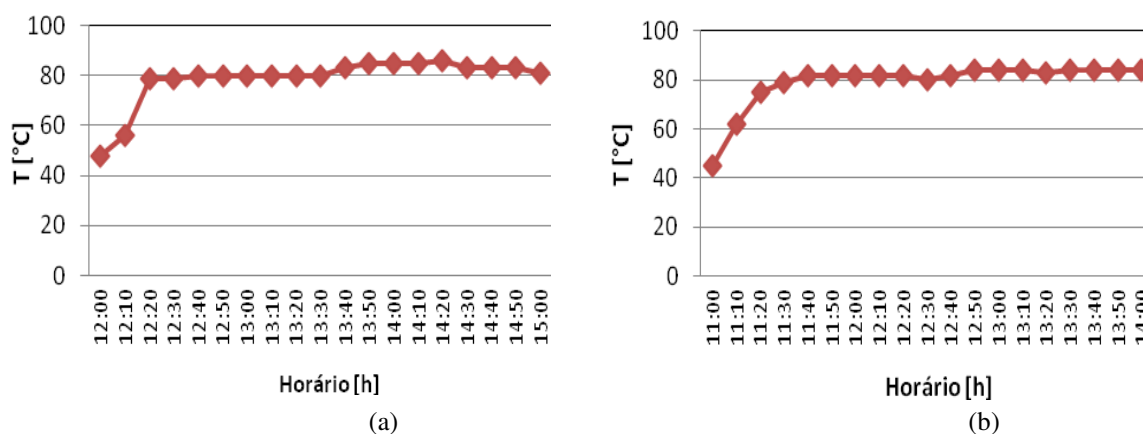
## RESULTADOS

Os ensaios de temperatura foram realizados nos dias 19 e 21 de junho de 2014 e os resultados estão dispostos na tabela 2. A figura 4 mostra a evolução da temperatura da água na saída do tubo receptor. A máxima temperatura alcançada pelo sistema foi de 86° C.

**Tabela 2. Temperatura da água na saída do tubo de cobre com isolamento térmico**

Ensaio dia 19/06/2014	Ensaio dia 21/06/2014
Temperatura inicial da água: 23°C	Temperatura inicial da água: 24°C

Horário	Temperatura (C°)	Horário	Temperatura (C°)
12:00	48	11:00	45
12:10	56	11:10	62
12:20	79	11:20	75
12:30	79	11:30	79
12:40	80	11:40	82
12:50	80	11:50	82
13:00	80	12:00	82
13:10	80	12:10	82
13:20	80	12:20	82
13:30	80	12:30	80
13:40	83	12:40	82
13:50	85	12:50	84
14:00	85	13:00	84
14:10	85	13:10	84
14:20	86	13:20	83
14:30	83	13:30	84
14:40	83	13:40	84
14:50	83	13:50	84



**Figura 4. Temperatura da água na saída tubo receptor – Ensaios realizado em 19/06/2014 (a) e em 21/06/2014 (b)**

Utilizou-se balanços de energia, para determinar os parâmetros necessários ao cálculo da eficiência útil do concentrador. A tabela 3 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 3. Parâmetros necessários ao cálculo das eficiências**

Potência absorvida (W) ( $P_{abs}$ )	Potência perdida (W) ( $P_{conv} + P_{rad}$ ):	Potência útil (W) ( $P_u$ )
1007,21	44,86	962,35

Os cálculos foram baseados na maior temperatura alcançada pelo sistema (86° C). Com os valores acima, determinou-se a eficiência óptica, térmica e útil do concentrador solar. Também foi determinado o fator de concentração do mesmo. Os resultados seguem abaixo:

**Tabela 4. Eficiências do concentrador e fator de concentração**

Eficiência óptica ( $\eta_o$ )	Eficiência térmica ( $\eta_t$ )	Eficiência útil ( $\eta_u$ )	Fator de concentração (C)
--------------------------------	---------------------------------	------------------------------	---------------------------

---

0,76

0,95

0,72

26,03

---

De acordo com os valores da **tabela 4**, obteve-se consideráveis eficiências ótica (76%) e térmica (95%), resultando em uma eficiência global significativa (72%).

## CONCLUSÃO

Diante dos resultados de temperatura apresentados, acredita-se que o sistema de aquecimento solar deste projeto possa ser viável em diversas aplicações residenciais e industriais onde se objetiva a geração de energia térmica a partir de fontes renováveis. Além disso, espera-se obter maiores temperaturas mediante a utilização do sistema em épocas do ano com maior incidência de radiação solar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MATRAI, Bruno Boule. **Projeto e construção de um aquecedor solar concentrador**. 2008. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade Federal de São Paulo, São Paulo, 2008.
2. REIS, Edmilson Pedreira dos. **Aquecimento solar utilizando coletor com superfície absorvedora em chapas de forro de PVC**. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Pós Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.
3. SÁLES, Isolda Cíntia Ferreira de. **Análise da substituição do chuveiro elétrico por aquecedor solar: uma contribuição ao setor elétrico na conservação de energia**. 2008.