

# PROJETO DE UM AQUECEDOR SOLAR DE PLACAS DE COBRE E DE ALUMÍNIO

*Lucas Vieira Martins<sup>1</sup>*

*Caio Cezar Neves Pimenta<sup>2</sup>*

## RESUMO

O Coletor solar é o meio mais econômico e sustentável para o aquecimento de água. O circuito é formado por cobres que transportam o fluido, que são ligados em uma placa absorvedora feita normalmente de cobre ou alumínio para melhor absorver a energia proveniente do sol. Sua cobertura é composta por um vidro liso, que permite a entrada do calor e mantém a temperatura interna do processo. Em sistemas convencionais, a água circula por um processo chamado termossifão, nesse sistema, a água dos coletores fica mais quente, e portanto, menos densa, fazendo com que a água contida no reservatório empurre a água do coletor, gerando a circulação. Outro método utilizado é por moto bombas, nesse processo a circulação é considerada forçada ou bombeada. O presente trabalho avalia a mudança de dados de temperatura entre os materiais selecionados, tendo como objetivo analisar e estudar a eficiência térmica de uma placa cobre e uma placa de alumínio na construção de um protótipo de um aquecedor a luz solar.

Palavras-chave: Coletores Solares. Eficiência térmica. Transferência de Calor.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica pela UniRV- Universidade de Rio Verde, GO.

<sup>2</sup> Orientador Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da UniRV – Universidade de Rio Verde.

## **1 INTRODUÇÃO**

Com o intuito de amenizar os efeitos do aquecimento global, a busca por utilização das energias limpas e renováveis tem sido priorizada. A radiação solar depende tanto das condições atmosféricas, como também da latitude e da posição no tempo. Desse modo, para aumentar o índice de radiação solar, pode se ajustar os coletores e painéis na posição de acordo com a latitude local e o período do ano em que se quer mais energia (ANEEL, 2016).

O setor residencial corresponde a 23% do consumo nacional de energia. O consumo do chuveiro elétrico, de acordo com a companhia de energia do Brasil, corresponde a 25% de uma residência. Estes dados apontam a importância da substituição da energia elétrica pela energia solar para o aquecimento de água (VARELLA, 2004).

De acordo com a AtomRA Energia Renovável (2016), a utilização de coletores solares é o meio mais indicado para aquecimento de água. Tais coletores são usualmente constituídos por um vidro que ajuda a absorver e conter a temperatura, tubos absorvedores, chapa absorvedora de cobre ou alumínio e isolamento térmico de lã de vidro.

## **2 OBJETIVOS**

Construir um sistema de absorção de energia solar sobre placas de alumínio e cobre, e analisar suas eficiências de cada material.

### **2.1 GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo analisar e estudar a eficiência térmica de uma placa cobre e uma placa de alumínio, na construção de um protótipo de um aquecedor a luz solar.

### **2.2 ESPECÍFICO**

- a) Desenvolver e construir um sistema de aquecimento solar;
- b) Verificar e quantificar as variações de temperatura de entrada e saída da água no ciclo de aquecimento;
- c) Verificar e quantificar a influência dos materiais citados no aquecimento da água.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

A radiação solar depende não só das condições atmosféricas, mas também da latitude local e da posição no tempo. A medição da radiação solar tem papel importante para viabilizar as instalações de sistemas térmicos em determinada região, a fim de maximizar a eficiência e garantir o máximo aproveitamento ao longo do ano (CRESESB, 2008)

Os coletores solares são a forma mais eficiente de aquecer água usando a radiação solar, e essa tecnologia é utilizada principalmente no setor residencial. Composto por uma tampa de vidro para permitir a entrada de luz e reter o calor, sua superfície interna é pintada de preto para melhor absorver o calor, na qual se encontra a tubulação por onde circula a água que se aquece pela absorção do calor retido na placa. De acordo com o Laboratório Green Solar – PUC-MG (2016), com o aquecedor bem dimensionado e instalado corretamente, é possível economizar cerca de 70% da energia elétrica (ANEEL, 2016).

O número de coletores a ser instalado depende da insolação de cada região, do tamanho do reservatório ou até mesmo das condições de instalação. Por conta do baixo índice de energia solar sobre a terra, para o abastecimento de uma única residência é necessário a instalação de vários metros quadrados de coletores.

### **4 PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR**

A transferência de calor pode ocorrer por meio de três processos, que são eles: condução, radiação e convecção térmica, podendo a convecção forçada, ou natural.

#### **4.1 CONDUÇÃO**

A condução se dá através da propagação do calor através do objeto, quando colocamos uma das extremidades de um material metálico em contato com uma fonte térmica e seguramos a outra ponta com a mão, nota-se que a temperatura da extremidade que está em contato com a mão aumenta gradativamente. A explicação é que as moléculas que estão em contato com a fonte térmica vibram com maior amplitude e se aproximam umas das outras, fazendo com que as moléculas vizinhas também vibrem mais intensamente. Assim, a energia térmica é transferida de molécula para molécula (FRANK P, et al. 2008).

## 4.2 CONVECÇÃO

O módulo de transferência de energia por convecção abrange tanto a transferência por movimento molecular quanto por movimento global. Esta ocorre quando o fluido entra em contato com uma superfície, estando os dois em temperaturas diferentes. A transferência de calor por convecção se dá pela transferência de energia ocorrida no interior de um fluido devido aos efeitos de condução e movimentação global (FRANK P, et al. 2008).

## 4.3 RADIAÇÃO

Não é necessário um meio para se propagar, é dada através de ondas eletromagnéticas, que são absorvidas e transformadas em energia térmica. É a maneira, por exemplo, que os coletores solares absorver a energia solar proveniente do sol (FRANK P, et al. 2008).

# 5 PROPRIEDADE DOS MATERIAIS

## 5.1 COBRE

De acordo com o Instituto Brasileiro do Cobre (2016), o cobre é um dos metais mais antigos, sempre se fez presente na evolução das civilizações e foi o primeiro na confecção de armas e ferramentas de trabalho. O cobre sempre esteve presente na evolução da humanidade, sendo utilizado em todas as fases da revolução industrial. A principal característica que o distingue dos outros metais é seu elevado índice de condutividade.

O cobre é cerca de 30 vezes superior ao aço e quase o dobro do alumínio em questão de condutividade térmica. Por isso é indicado para aplicações que requerem rápida transferência térmica, como nos aquecedores solares (PROCOBRE, 2016).

## 5.2 ALUMÍNIO

De acordo com a Associação Brasileira do Alumínio (2016), o alumínio já chegou a ser oito vezes mais barato que o cobre, pois é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, além de ser mais resistente à deformação.

O alumínio é utilizado em diversas gamas de aplicações por ser leve, durável, bonito e por poder ser transformado com facilidade, pois pode ser laminado em qualquer espessura. Possui uma condutibilidade térmica 4,5 vezes maior que a do aço, e sendo um excelente refletor de energia radiante devido ao grande alcance dos comprimentos de onda desde os raios ultravioletas. O alumínio puro possui uma condutibilidade térmica de 0,53 calorias por segundo por centímetro quadrado de espessura por grau celsius. Suas propriedades mecânicas são determinadas por ensaios rotineiros de amostras (ABAL, 2016).

## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto tem como objetivo estudar os elementos de alumínio e cobre na construção de uma placa absorvedora em um coletor solar convencional. Para realização do projeto, utiliza-se um coletor solar residencial com área de 1m<sup>2</sup> conforme ilustrado na figura 1. Um tambor de latão de 200 litros utilizado como um reservatório, conforme ilustrado na figura 2. Serão colocados 3 sensores e indicadores de temperatura conforme ilustrado na figura 3, sendo 1 posicionado na entrada e 1 na saída do coletor, e o outro no reservatório, a fim de verificar a diferença de temperatura entre as placas de cobre e alumínio para a posterior realização do cálculo da eficiência térmica.

O coletor solar residencial adquirido é composto por um vidro liso, tubulação de cobre, aletas, chapa absorvedora de alumínio e um isolante térmico de lã de vidro. As chapas utilizadas nos ensaios têm dimensionamento igual a 1m<sup>2</sup> e espessura de 0,12mm, sendo montado a uma inclinação de 25°, na cidade de Rio Verde (GO), direcionado para o norte geográfico, visando a maior absorção dos raios ultravioletas

Para a interligação entre o coletor e o reservatório, foram utilizados 2 metros de tubos de PVC com diâmetro de 25mm, 4 curvas de PVC de 25mm, 2 cap. Para melhor fixação e evitar possíveis vazamentos, foram utilizados dois tipos de cola, sendo uma da marca araldite e uma durepoxi, como mostra a figura 4.

**FIGURA 1** – Coletor solar



Fonte: Próprio autor, 2017.

**FIGURA 2** – Tambor de latão com 200 litros utilizado como reservatório



Fonte: Próprio autor, 2017.

**FIGURA 3** – Sensor e indicador para medir temperatura da água



Fonte: Próprio autor, 2017.

**FIGURA 4** – Projeto de aquecimento de água com circulação forçada



Fonte: Próprio autor, 2017.

O primeiro teste com a placa de alumínio foi realizado no dia 24/05/2017, tendo início às 09:00 da manhã e término às 15:00. O segundo teste com a placa de cobre foi realizado no dia 27/05/2017, com início às 09:00 da manhã e término às 15:00. Nos dois testes foram coletados as temperaturas de entrada e saída do coletor e temperatura do reservatório a cada uma hora, para que houvesse o mapeamento e o estudo sobre a eficiência dos materiais para o aquecimento de água.

De acordo com Nicolas Leonard Sadi Carnot, a eficiência térmica em um ciclo fechado pode ser calculada pela fórmula  $n = \frac{(Tq-Tf)}{Tq} \times 100$ , onde:

n – Eficiência térmica (%)

Tq – Temperatura quente (°C)

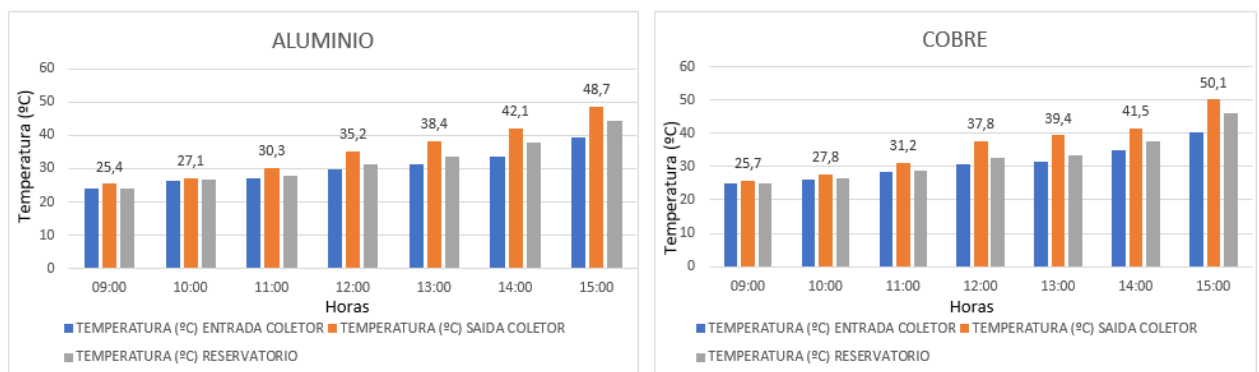
Tf – Temperatura Fria (°C)

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizados dois ensaios nos dias 24/05/2017 e 27/05/2017, cuja variação de temperatura solar foi de aproximadamente 1°C.

O coletor solar com a chapa absorvedora de alumínio conseguiu atingir a temperatura máxima na saída do coletor de 48,7°C. Já com o cobre, a temperatura máxima atingida foi de 50,1°C, como pode ser visto no figura 5.

**FIGURA 5** – Temperaturas de entrada e saída do coletor com chapa de cobre e de alumínio e do reservatório



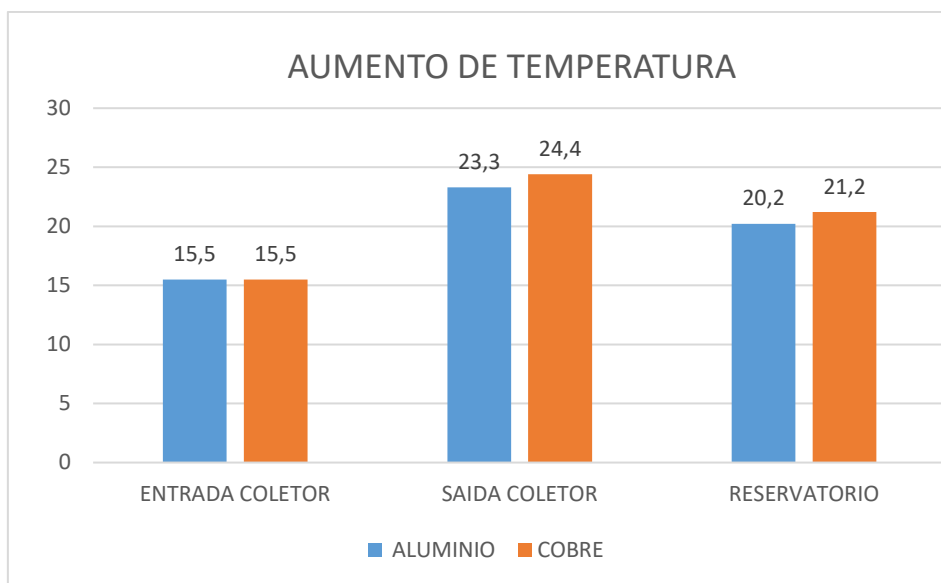
Fonte: Próprio autor, 2017.



Analisando a figura 1, vê-se que a partir das 12:00 horas a diferença de temperatura da entrada e da saída do coletor, tanto do alumínio quanto do cobre, atinge uma diferença considerável, que se mantém até o final do ensaio.

Com os resultados obtidos pelos ensaios de aquecimento, podemos elaborar o gráfico 1, onde estão explícitos os ganhos de temperatura durante todo o processo em cada ponto abordado. O aumento da temperatura está relacionado ao tempo de exposição do coletor aos raios solares.

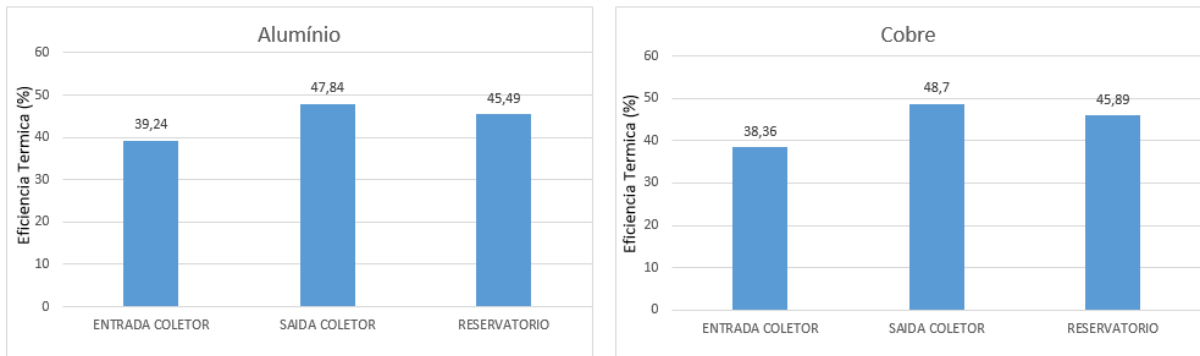
**FIGURA 6** – Aumento de temperatura na entrada, saída e no reservatório de água



Fonte: Próprio autor, 2017.

Com base em todos os dados coletados, foi possível realizar o cálculo da eficiência térmica pela fórmula de Carnot, onde  $n = \frac{(Tq - Tf)}{Tq} \times 100$ , como pode ser visto na figura 6.

**FIGURA 6** – Eficiência térmica de uma chapa absorvedora de cobre e de alumínio para aquecimento de água



Fonte: Próprio autor, 2017.

## 8 CONCLUSÃO

Os resultados atingidos pelos coletores são valores satisfatoriamente admitidos na literatura, levando em conta um sistema fechado com circulação natural. O coletor solar com chapa de cobre atingiu maior temperatura na saída do coletor, porém se mostrou insignificamente mais eficiente, com uma diferença de 0,40% a mais que o alumínio, logo, levando em conta o custo do cobre em relação ao alumínio, se torna inviável a sua utilização. É importante ressaltar que no mês de maio quando foram realizados os testes, a incidência de sol é menor, e com isso, a eficiência dos coletores solares diminuem.

*PROJECT OF A SOLAR HEATER OF COPPER AND ALUMINUM PLATES***ABSTRACT**

Solar collector and the most economical and sustainable way to heat water. The circuit is formed by copper tubes that carry the fluid, which are connected in an absorber plate usually made of copper or aluminum to better absorb the energy coming from the sun, its cover and composed by a smooth glass, that allowed the entrance of the heat, Is retains the heat inside the process. In conventional systems the water circulates through a process called thermosiphon, in this system the water of the collectors becomes warmer, and therefore less dense, causing the water contained in the reservoir to push the water from the collector, generating circulation. Another method used and by motorbike pumps, in this process the circulation is considered forced or pumped. The present work evaluates the change of temperature data among the selected materials.

Keywords: Solar Collectors. Thermal efficiency.

## REFERÊNCIAS

Agencia Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em 03 de novembro de 2016.

Associação Brasileira do Alumínio; Disponível em: <<http://abal.org.br/aluminio/caracteristicas-quimicas-e-fisicas/propriedades-mecanicas/>>. Acesso em 10 de novembro 2016.

AtomRA Engenharia em Energia Renovável: Disponível em: <<http://www.atomra.com.br/aquecimento-solar-de-agua/>>. Acesso em 15 de novembro de 2016.

Centro de Referencia para Energia Solar e Eólica Sergio Brito; Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/>>. Acesso em 03 de novembro de 2016.

Instituto Brasileiro do Cobre; Disponível em: <<http://procobre.org/pt/o-cobre/propriedades/>>. Acesso em 08 de novembro de 2016.

INCROPERA, FRANK P.; DAVID P.; THEODORE L.; ADRIENNE S.: Fundamentos de transferência de calor e massa, 6ª Edição, Rio de Janeiro, 2008.

VARELLA, F.K.O.M., Tecnologia solar residencial: inserção de aquecedores solares de água no Distrito de Barão Geraldo - Campinas, Dissertação de mestrado da faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP, Campinas-São Paulo, 2004.