

SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR COM ALIMENTAÇÃO PRÉ-AQUECIDA DE VAZÃO AUTOMATIZADA

BRUNA NUNES DOS SANTOS
FACULDADE CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

CLÁUDIO JOSÉ HONÓRIO DOS SANTOS
FACULDADE CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

FLÁVIO ADRIANO DE MIRANDA
FACULDADE CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

JENIVALDO OLIVEIRA
FACULDADE CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

WAGNER COSTA BOTELHO
UNIVERSIDADE PAULISTA - UNIP

SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR COM ALIMENTAÇÃO PRÉ-AQUECIDA DE VAZÃO AUTOMATIZADA

1- Introdução

Grande parte da energia elétrica produzida no Brasil advém de hidroelétricas e com grandes períodos de estiagens devido as mudanças climáticas, tem diminuído o volume de águas nas represas em consequência disso a produção de energia é afetada e eleva o custo da energia elétrica nas grandes metrópoles brasileiras, gerando uma grande preocupação da sociedade com esgotamentos dos recursos hídrico e promovendo mudanças de hábitos no consumo de energia adotando um ambiente mais sustentável aos indivíduos.

Segundo Aneel (2004) Para aproveitar a energia solar, encontramos a forma mais simples de se obter uma energia limpa, os aquecedores que obtém energia solar, vem sendo muito utilizado no Brasil desde a década de 60, onde surgiu uma das primeiras pesquisas na área de tecnologia solar. E atualmente existe cerca de 600 mil coletores instalados no Brasil para o aquecimento da água do banho. Sabemos que estamos num país que sofre com muitos “apagões”, cerca de 7% da energia produzida tem como sua finalidade o chuveiro elétrico.

1.1- Problema de Pesquisa

Com base da necessidades de consumo de energia, a alternativa de aquecimento solar no Brasil, vem sendo adotada com intuito de se ter uma economia em custos energéticos, muito embora o conhecimento do funcionamento e custos não são de total conhecimentos da população. tem alto custo de implantação, no caso das placas de aquecimento solar o preço dos painéis.

O foco deste estudo é a melhoria do sistema termossifão, em um sistema paralelo, tem como finalidade aquecer a água da entrada de alimentação, reduzindo a perda de temperatura da água já aquecida no interior do reservatório, para isso, é imprescindível a utilização da automação, destinada ao controle de abertura e fechamento da vazão de água, que permite a passagem somente de agua aquecida para alimentação do sistema, também é possível verificar o uso de materiais de fácil aquisição e baixo custo e de simples montagem, ressaltamos neste trabalho que a instalação requer avaliação técnica, onde se verifica possíveis dificuldades a ser solucionadas tais como: quebra de paredes,

adequações quanto ao melhor posicionamento dos painéis aos raios solares, e problemas dos quais possam inviabilizar o projeto, a utilização da energia calorífica gerada pela luz solar, onde é possível de forma simples e com pouco recurso extrair esse calor para o consumo nas residências, nas indústrias e onde necessita de aquecimento. Sabendo-se que a máxima temperatura que podemos extrair dos raios solares, devem economizar em energia produzida utilizando o conhecimento da física e seus conceitos materiais e tecnologia para o melhor aproveitamento.

1.2- Objetivo

O chuveiro é o maior consumidor de energia elétrica em uma residência, o custo chega 30% do valor da conta de luz, o objetivo é desenvolver um projeto inovador para aquecimento de água para banho, de menor custo possível sem comprometer a qualidade do seu funcionamento no caso específico, respeitando as normas e leis ambientais com intuito do desenvolvimento socioeconômico, respeitando as normas ABNT-NBR e outros órgãos, que regulamenta as especificidades do projeto, com previsão de garantir uma sincronização entre inovação tecnológica e usos dos recursos naturais de forma que coletor solar criado, aqueça água suficiente para garantir economia, quando comparado à energia elétrica.

2- Fundamentação Teórica

O Sol fornece luz emitida pela sua superfície, originada por explosões físico-química, esta luz se propaga pelo espaço em forma de onda eletromagnética no vácuo, e chega à terra, atingindo nossa atmosfera, onde parte dessa luz é filtrada e outra incide na superfície e corpos no solo, o aquecendo os mesmos, ou seja, a luz se converte em calor, esse fenômeno é chamado de transferência de calor por irradiação.

2.1- Corpo Opaco

Segundo Bonjorno e Ramos (1992), um corpo é dito opaco quando a maior parte da energia incidentemente absorvida, isto é, quando são mínimas as parcelas de energia refletida e refratada.

2.2- Corpo Transparente

Segundo Bonjorno e Ramos (1992), é todo corpo em maior parte da energia incidente sobre ele é refratada.

2.3- Corpo negro

Segundo Kreith e Bohn (2013), o corpo negro absorve toda radiação incidente, e como o sistema constituído pelo corpo negro e a cavidade estão a uma temperatura uniforme, a taxa de emissão de radiação do calor entre os dois corpos à irradiação (caso ao contrário, haveria uma transferência líquida de energia na forma de calor entre os dois corpos á mesma temperatura em um sistema isolado, clara violação da segunda lei da termodinâmica), o mesmo emite e absorve em qualquer temperatura, a máxima quantidade de radiação possível, em qualquer comprimento de onda fornecido.

2.4- Emissividade

Segundo Kreith e Bohn (2013), a emissividade é a propriedade ou a capacidade de um material emitir radiação da sua superfície ao compararmos com o chamado corpo negro a mesma temperatura e comprimento de onda, é a razão entre a energia irradiada por um material a energia irradiada de um corpo negro emissividade de valor 0 (refletida por espelho) até 1.0 (corpo negro).

2.5- Transmissor de calor por irradiação e radiação

Segundo Bonjorno e Ramos (1992), a energia que não necessita de meio material para se propagar chama-se energia radiante a transmissão da energia radiante é feita através de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo com a velocidade de 300.000 km/s, o corpo que emite a energia radiante é chamado de emissor ou radiador que recebe são os receptores.

As ondas eletromagnéticas são formadas por diversas ondas de frequências diferentes chamada de radiação. Os raios utilizados em nosso trabalho são: raios ultravioletas e raios infravermelhos. Das ondas eletromagnéticas as que transformam mais facilmente em calor quando absorvida pelo receptor são as infravermelhas também chamadas como ondas de calor.

2.6- Condução

Segundo Bonjorno (2001), a transmissão de calor onde a energia passa de molécula para molécula sejam afastadas.

2.7- Convecção

Segundo Halliday & Resnick (2012), o processo de passagem de calor, nos líquidos ou nos gases por efeito das camadas aquecidas que se chamam correntes de convecção. A temperatura da parte do fluido que em contato com o objeto quente aumenta e (na maioria dos casos) essa parte do fluido se expande, ficando menos densa. Como o fluido expandido é mais leve do que o fluido que o cerca, mais frio, a força do empuxo o faz subir. O fluido mais frio escoar para tomar o lugar do fluido mais quente que sobe e o processo pode continuar indefinidamente. Finalmente, no Sol, a energia térmica produzida por reações de fusão nuclear é transportada do centro para a superfície através de gigantescas células de convecção, nas quais o gás mais quente sobe pela parte central das células e o gás mais frio desce pelos lados.

3- Discussão

O aquecedor solar, dispositivo da qual utiliza os raios solares, com o objetivo de aquecer uma superfície por onde circula a água a ser aquecida para tal é imprescindível entender o princípio e os conceitos que circunda o fenômeno do aquecimento através do sol, de acordo com o ramo da física que descreve as transferências de calor, presente neste trabalho temos o aquecimento da superfície por radiação solar e também por convecção.

Os raios solares incidem diretamente na superfície do tubo esses raios de energia radiante composta de ondas eletromagnéticas em forma de raios ultravioletas aquece a superfície e de forma condutiva, também aquece a água no interior do tubo, parte da energia calorífica emana para o ambiente do interior do coletor, por intermédio das partículas do ar transformando esse ambiente em uma estufa, essa energia aquece a superfície e de forma condutiva, também a água no interior do tubo parte da energia calorífica emana para o ambiente, que em contato com as partículas do ar aquece o interior da caixa (coletor), essa massa de ar quente não é efetiva, mas auxilia no aquecimento dos demais ciclos de trocas entre a passagem da água aquecida para o reservatório e entrada de água fria a ser aquecida no tubo, este ar aquecido de forma convectiva, simplesmente evita a perda de temperatura, uma vez que o tubo encontra-se no interior do coletor, pois o tubo que está frio tende a absorver a temperatura do ar quente do interior do coletor que ao mesmo tempo está aquecendo por irradiação do sol. É importante ressaltarmos que a radiação solar, ou seja, a incidência dos raios solares diretamente no tubo, é a que mais contribui para o aquecimento do sistema.

O ciclo da água no sistema funciona da seguinte forma, o aquecedor solar capta os raios solares que esquentam a superfície do tubo de nylon, o calor é transmitido para a

água que encontra-se no interior do tubo. Uma vez que o fluido esquenta no tubo de náilon em forma de serpentina, ela é encaminhada para a saída do coletor através do acionamento de abertura de uma válvula solenoide controlada por um termostato digital, a um reservatório revestido com manta térmica aluminizada ou um boiler que é isolado para evitar a queda de temperatura, para passar muito mais tempo aquecida e pronta para uso geral da residência, onde o coletor solar foi dimensionado para 5 banhos de 8 minutos e torneiras aquecidas 2 lavagens em média de 10 minutos por dia, com uma previsão de consumo anual de aproximadamente R\$ 600,00. A análise dos produtos já utilizado no mercado tem custo alto, foi utilizado materiais alternativos para diminuir o custo do sistema que estão dentro das expectativas ABNT-NBR. O conjunto coletor e serpentina utilizado no desenvolvimento do protótipo alcançou resultados esperados, pois atingiu temperaturas média no aquecimento de água e apresentou as propriedades físico-químicas e mecânicas adequadas às exigências da normatização.

Para tal entendimento construímos um protótipo com materiais criteriosamente escolhidos de acordo com a finalidade. O coletor é construído em aço galvanizado, pois não enferruja quando exposto ao tempo e vidro do coletor é temperado, devido à temperatura, a superfície no interior do coletor em cor preto, de acordo com o conceito de “Corpo negro” o tubo em forma de serpentina é de poliamida (náilon), escolhemos este material porque seu custo é menor em comparação aos tubos de cobre, pois suas características e propriedades de acordo com o fabricante, permitem temperaturas de 40°C à 85°C e pressões até 304,580 PSI simultaneamente em trabalho nessas condições e ser inerte quanto ao seu uso para água potável, esse tubo é resistente a raios UV no que se refere resistência do material, porém, quando exposto aos raios solares, sua superfície esquenta, esses tubos são conectados por conexões de latão com anilhas, e posicionados no coletores tragicamente exposta à máxima incidência solar.

Embora este protótipo esteja em menor escala, a partir dos dados obtidos, dimensionamos um projeto para uso residencial como mostra imagem abaixo:

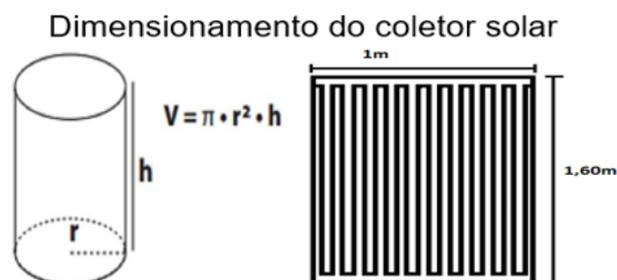


Figura I- Coletor Solar. Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

São 40 tubos verticais de náilon 1/2 de diâmetro interno de 0.015mm e cada tubo tem comprimento de 1,60m, utilizamos a fórmula do volume e o seu cálculo da capacidade interna do tubo.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (1)$$

$$V = \pi \cdot (0,0075)^2 \cdot 1,60 \quad (2)$$

$$V = 0,0002826\text{m}^3 \quad (3)$$

O valor $V = 0,0002826\text{m}^3$ corresponde ao volume de um tubo de diâmetro 0,015mm e comprimento 1,60m, multiplicando-se por 40m, que é a quantidade de tubos, obtemos: Volume total= $0,0002826 \cdot 40\text{m}$, Volume total= $0,011304\text{m}^3$ e se convertermos o de metro cúbico para litro: $1000 \cdot 0,011304 = 11,304\text{L}$, esse valor corresponde ao volume de água no interior dos tubos do coletor solar.

Para explicar o funcionamento deste sistema em escala residencial, tomamos por base o 21 de junho dia mais curto onde o Sol nasce às 06:48 e se põe às 17:30 arredondamos entre 09:00 e 16:00, assim temos 7 horas de funcionamento, a cada 15 minutos é acionada a solenoide então a cada hora temos 6 acionamentos totalizando 67,8L em 7 horas teremos 474,8L. Esta operação de funcionamento é aproximada, pois durante o dia os raios solares não são constantes, em sua total emissão, vale ressaltar que simplesmente a luz dos dias nublados também irradiam nas superfícies gerando calor com pouca eficiência no sistema, no caso em que a quantidade de água aquecida seja insuficiente quanto ao consumo, é possível adicionar mais placas, aumentando a eficiência do sistema.

Dados do nosso projeto que foi utilizado um tubo de 3/8 com diâmetro interno de 9mm. O seu cálculo seria :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (4)$$

$$V = \pi \cdot (4,5)^2 \cdot 6000 \quad (5)$$

$$V = 382,52 \text{ ml} \quad (6)$$

Em um dia de sol de temperatura aproximadamente 30°C realizamos testes em nosso protótipo, a cada 10 minutos temos o acionamento da válvula solenoide com uma

temperatura pré programada no termostato de 38°C.

3.1- Análise do Aquecedor Sustentável

Você sabe quanto custa um banho, considerando apenas o consumo de água com energia elétrica x aquecedor solar?

Objetivo é demonstrar o custo de um banho, considerando o valor cobrado pelo fornecimento de água e sua vazão e a potência elétrica do chuveiro. De acordo com os dados do Dasol (Departamento Nacional De Aquecimento Solar), 7% da água consumida no Brasil é destinada ao banho e os aquecedores solares podem ser utilizados, uma vez que a eficiência e o baixo custo da energia solar realmente colocam o sistema de aquecimento solar em entre os mais viáveis do país.

Considerando uma família de 05 pessoas, que tomam 05 banhos por dia de 08 minutos, totalizando 40 min/dia, resulta no consumo médio mensal de 87 kWh/mês de energia. Com as mesmas condições de banho, ao comparar o sistema solar com o chuveiro elétrico, e o custo em R\$/kWh. Do aquecedor solar (sem custo) e da energia elétrica de R\$ 0,67 a economia é cerca de R\$ 47,00 que representa R\$ 600,00 por ano e de, aproximadamente, R\$ 12.000,00 ao longo da vida útil do aquecedor solar.

3.2- Funcionamento do Aquecedor Solar

O trabalho consiste semelhantemente a uma bandeja de chapa de aço galvanizado fechado com vidro translúcido na parte superior em seu interior contém um tubo de náilon disposto em forma de serpentina onde circula a água a ser aquecida essa água encontra-se estancada por uma válvula solenoide controladora por uma placa termostato digital, a placa tem função de abrir ou fechar a válvula solenoide a partir de uma temperatura pré-programada detectada pelo sensor termopar que se encontra em contato com a água quando está atingida um relé é acionado ligando a solenoide da válvula, está liberada a água aquecida permitindo a entrada de água fria a ser aquecida em um novo ciclo, assim que está água entra em contato com o sensor termopar o relé desliga a solenoide estancando a água fria.



Figura I- Aquecedor Solar. Fonte: Arquivo Pessoal (2018)

3.2- Manutenção

Consiste na limpeza da superfície do vidro do coletor, que pode usar uma vassoura de pêlos macios para remoção de impurezas, com água e sabão, deve-se inspecionar as conexões e mangueiras a procura de trincas ou possíveis vazamentos e o funcionamento do conjunto termostato e válvula solenoide quando apresentar déficit de temperatura.

3.3- Vantagens

A maior vantagem deste projeto e custo de montagem do sistema e a economia anual se comparado com a utilização de energia elétrica nos chuveiros e torneira elétrica.

Nos sistemas convencionais a água fria alimenta o sistema entrando pela parte inferior reservatório onde se mistura a água já aquecida para só depois passar pelos coletores para aquecer, como consequência disso, origina-se um gradiente de temperatura, neste sistema a água que alimenta o sistema passa primeiro pelo coletor, pois há o controle termostático com a válvula solenoide, onde diminui o impacto de perda de temperatura do reservatório, além da tecnologia embarcada, que torna sua funcionalidade totalmente independente, controlando a vazão através do sensor de temperatura, tratar-se do sistema compacto que captar energia calorífica do sol, contribuindo para economia de energia elétrica.

3.3- Desvantagens

Uma das desvantagens está na necessidade de um reservatório de maior capacidade para água aquecida e um reservatório para água fria. Nas estações frias, onde há recessões de sol por muitos dias, haverá a necessidade do uso do chuveiro convencional, ou aquecedor de apoio no interior do reservatório (no caso boiler), que aquece a água instantaneamente, quando a temperatura da água armazenada cai, o aquecedor do reservatório entra em ação e aquece todo seu volume mesmo sem saber se

você vai usá-lo, ou no caso do sistema termosifão com reservatório sem apoio de aquecimento, deve-se esperar dias de sol, para manutenção da temperatura no interior do reservatório, outro inconveniente, está na instalação do sistema, que poderá ter que quebrar paredes ou realizar furações.

Na escolha do local de posicionamento e ângulo para melhor captação dos raios solares, pois algumas construções nas grandes cidades ficam próximas a edificações maiores à sua volta, sombreando as mesmas.

4- Considerações Finais

Portanto, o aquecedor solar materiais alternativos, constitui uma maneira barata e viável para economia de energia com com elétrica que traz consigo a conscientização que devemos preservar o ambiente em que vivemos tendo a possibilidade de beneficiar a sociedade. Em comparação com os aquecedores solares convencionais o projeto apresentado baixo custo apresenta um desempenho térmico satisfatório tanto em relação as perdas térmicas quanto em relação aos valores atingidos da eficiência da temperatura mesmo com um tubo de nylon.

Pesquisamos outros tipos de tubo para aquecimento, o tubo de cobre e o tubo de alumínio é o ideal, porém o cobre em relação aos painéis convencionais tem custo elevado e o alumínio tem custo mais acessível mas é difícil encontrar no comércio, ficando como opção de baixo custo e benefício. Em um mundo cada vez mais preocupado com a obtenção da energia limpa ou seja aquela que não agride o meio ambiente (como o petróleo) o aquecedor solar vem sendo uma alternativa cada vez mais utilizada.

5- Referências Bibliográficas

ANEEL - **Agência nacional de energia elétrica**. Site: <http://www.aneel.gov.br>, 2004.

BONJORNO, José Roberto / RAMOS, Clinton Márcico – **Física 2: Termologia, Ótica geométrica, Ondulatória**. São Paulo, Editora FTD, 1992.

BONJORNO, Regina Azenha– **Física Completa. 2º Edição**, São Paulo, Editora FTD, 2001.

FERRARO, Nicolau Gilberto- **Aulas de Física 2: Termologia, Optica e Ondas**. São Paulo, Editora Atual, 1991

HALLIDAY, David/ RESNICK, Robert- **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 9º ed. Rio de Janeiro, Editora LTC 2012

KREITH, Frank / BOHN, Mark S. – **Princípios de Transferência de Calor**. São Paulo, Editora Cengage Learning, 2013.