

ISSN 2236-0476

## MONITORAMENTO DE EQUIPAMENTOS ALTERNATIVOS PARA AQUECIMENTO SOLAR DA ÁGUA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS-SP

Danielle Gonçalves Rodrigues<sup>1</sup>, Marcelo Jacomini Moreira da Silva<sup>2</sup>, Geraldo Gonçalves Delgado Neto<sup>3</sup>, Agmon Moreira Rocha<sup>4</sup> e José Euclides Stipp Paterniani<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola- Unicamp – Campinas-SP-e-mail: [dannyambiental@gmail.com](mailto:dannyambiental@gmail.com); <sup>2</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola- Unicamp – Campinas-SP e-mail: [silvamjm@gmail.com](mailto:silvamjm@gmail.com); <sup>3</sup>Faculdade de Engenharia Mecânica-Unicamp -Campinas-SP e-mail: [ggeraneto@gmail.com](mailto:ggeraneto@gmail.com); <sup>4</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola- Unicamp- Campinas-SP-e-mail: [agmon@agr.unicamp.br](mailto:agmon@agr.unicamp.br); <sup>5</sup>Faculdade de Engenharia Agrícola- Unicamp- Campinas-SP-e-mail: [pater@feagri.unicamp.br](mailto:pater@feagri.unicamp.br)

### Introdução

O Brasil é um dos países com maior incidência de radiação solar, sendo esta energia inesgotável, limpa e gratuita. Com isso, faz-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias alternativas para o aproveitamento dessa energia.

O aquecedor solar da água, consiste em um sistema para aquecimento da água através da energia solar composto por reservatório térmico e placas coletoras, projetado para aproveitar ao máximo a energia solar diária. O funcionamento de um aquecedor solar é baseado no sistema de termossifão, utilizando a força da gravidade no transporte da água aquecida.

Transferir o calor solar para um volume de água previamente isolado por diferença de densidade com um coletor solar aquecido é uma técnica conhecida há mais de 100 anos: já em 1880 na França, existiam coletores solares na França muito parecidos com os atuais. RÍSPOLI, 2001.

Campinas, localizada no interior do estado de São Paulo, possui um elevado nível de insolação anual devido a sua localização no trópico de Capricórnio, o que favorece a aplicação da energia solar como alternativa para promoção do aquecimento da água.

O modelo comercial de aquecimento solar da água é constituído de placas coletores de cobre e reservatório térmico, o que permite uma grande eficiência para promoção do aquecimento da água. Seu custo ainda é elevado, o que impossibilita sua aplicação em regiões carentes. Dessa forma, faz-se necessário avaliar outros modelos constituídos de materiais de baixo custo de modo a beneficiar famílias carentes.

Neste estudo avaliou-se o potencial da utilização de equipamentos alternativos de baixo custo para promoção do aquecimento da água utilizando-se para tanto, modelos distintos de aquecedores: um comercial (placas de cobre e reservatório térmico e 2 construídos com materiais de baixo custo sendo um com caixa de leite longa vida e garrafas tipo PET e o outro com placa de PVC pintada de preto.

### Material e Métodos

ISSN 2236-0476

O estudo foi realizado na região metropolitana de Campinas, localizado no interior do estado de São Paulo sendo sua distância de 90 quilômetros da capital. O município de Campinas possui de médio a alto índice de radiação solar variando de 233052 a 236201 kJ/m<sup>2</sup>, ideal para estudos referentes a energia solar.

O projeto de pesquisa foi realizado no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp - FEAGRI, localizado no distrito de Barão Geraldo, Campinas-SP, cuja posição geográfica corresponde às coordenadas de 22° 49' 9.55" S e 47° 3' 36,7" O, com altitude de 876 m.

A figura 1 apresenta a distribuição espacial da radiação solar em Campinas referente ao segundo decênio do mês de setembro de 2009 sendo a estação do ano correspondente ao inverno. Na figura, encontra-se demarcado o local onde o estudo foi realizado. Nota-se que o índice de radiação era elevado no local do experimento, mostrando o potencial da utilização da energia solar para aquecimento da água na região de estudo.

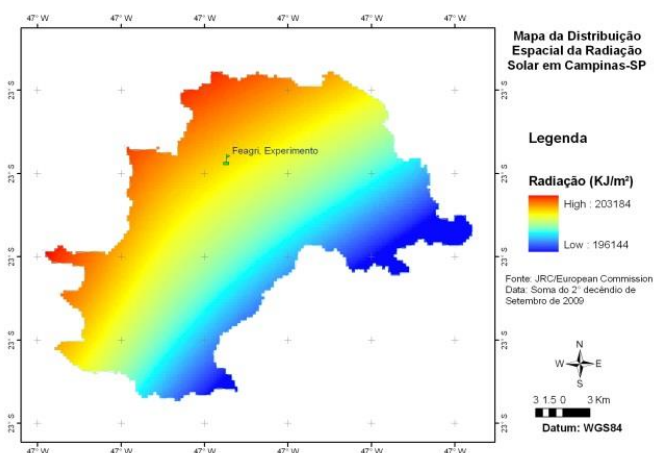


Figura 1: Distribuição espacial da radiação solar em Campinas

Para o estudo em questão, escolheu-se 3 equipamentos distintos de aquecedor solar da água disponível atualmente. Um dos equipamentos utilizados era o comercial, produzido em grande escala para hotéis, clubes e residências sendo este constituído de placas coletoras de energia solar de cobre e reservatório térmico e os outros dois equipamentos, conhecidos como Aquecedor Solar de Baixo Custo (ASBC). Um desses equipamentos foi construído com garrafa PET + caixa de leite longa vida e o outro construído com placa de forro de PVC. Para o desenvolvimento e construção desses aquecedores, foi utilizado o manual de fornecido pela ONG Sociedade do Sol, 2009 e o manual descrito por Alano, 2008.

Esses equipamentos foram instalados no campo experimental de modo a monitorar o aquecimento da água e avaliar a aplicabilidade dos ASBC para aquecimento da água e, posteriormente sua aplicabilidade em residências carentes. A água utilizada no aquecimento era proveniente de um tanque utilizado para irrigação, sendo esta bombeada para uma caixa de água que abastecia todos os outros equipamentos.

ISSN 2236-0476

Todos os equipamentos foram avaliados em termos de eficiência energética e durabilidade durante o período de um ano, de maio de 2009 a maio de 2010. Para tanto verificou-se a temperatura obtida em cada equipamento durante o período de amostragem, ou seja, das 8 horas da manhã às 16 horas da tarde onde media-se a temperatura da água a cada uma hora. Esses dados eram coletados periodicamente. Verificou-se também se havia qualquer indicio de danos causados nos equipamentos pela exposição ao tempo. Todas as informações obtidas foram analisadas comparando-se os 3 equipamentos. A radiação solar incidente no local do experimento foi medida pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à agricultura – CEPAGRI da Unicamp. A figura 2 apresenta os equipamentos utilizados no experimento.



**Figura 2: Equipamentos de Aquecedor Solar Instalados no Campo Experimental**

Os equipamentos foram instalados utilizando-se um volume fixo para o reservatório térmico, ou seja 80 litros. Os equipamentos de baixo custo possuíam um reservatório da água constituído de caixa de água tradicionalmente utilizadas em residência com volume de 100 litros, todavia adaptados para trabalhar com um volume constante de 80 litros. De maio a dezembro de 2009, obteve-se as temperaturas dos equipamentos utilizando-se a caixa de água sem revestimento térmico. Todavia, como as temperaturas adquiridas eram baixas, optou-se por revestir as caixas com 2 tipos de revestimento térmico de modo a se obter uma maior eficiência das mesmas. Assim, para o equipamento de PET+ caixa de leite longa vida, optou-se por isopor com caixas de leite como revestimento. Já no equipamento de PVC, utilizou-se revestimento térmico conhecido como Armaduct, da marca Armacell, que é uma espuma elastomérica de alta qualidade. As características da espuma e os procedimentos de instalação, foram seguidos de acordo com Armacell, 2010. Assim, de janeiro de 2010 a maio de 2010, obteve-se as temperaturas nos equipamentos com o revestimento térmico.

### **Resultados e Discussão**

Após o monitoramento das temperaturas nos equipamentos descritos, observou-se que os equipamentos de baixo custo apresentam um grande potencial para aplicabilidade, todavia ainda é necessário estudos para melhorar sua eficiência e aplicabilidade. O equipamento de

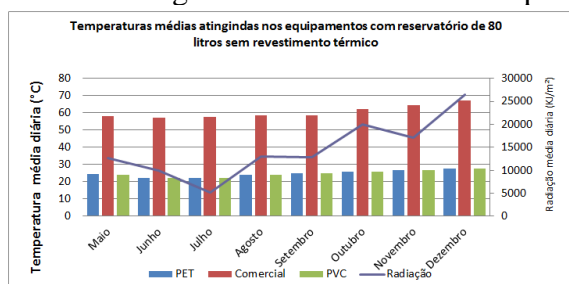
ISSN 2236-0476

aquecedor solar comercial ainda apresenta os melhores resultados em relação a aquecimento da água, todavia seu custo é aproximadamente 30 vezes mais elevado que os de baixo custo, o que inviabiliza sua implantação em regiões carentes.

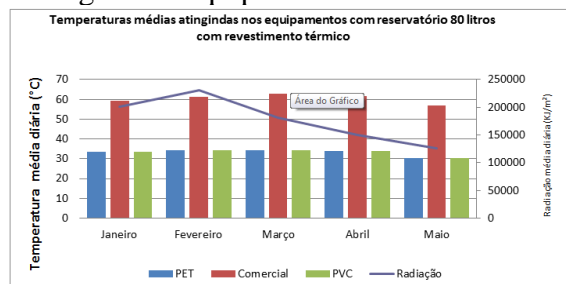
Uma restrição apresentada pelos ASBC era em relação ao comercial refere-se à perda de calor para o meio devido à inexistência de um sistema de reservatório térmico, existente no equipamento de aquecedor solar comercial. Assim, propôs-se a aplicação de revestimento térmico alternativo nas caixas de água dos equipamentos de baixo custo, diminuindo assim, a perda de calor para o meio o que permitiu que a temperatura da água se elevasse e se mantivesse aquecida por um período maior. Mesmo sendo materiais distintos os revestimentos aplicados em cada reservatório, sua eficácia foi a mesma. Assim, recomenda-se que seja aplicado o isopor revestido com caixas de leite longa vida pois seu custo é inferior ao da espuma elastomérica.

Outra restrição dos ASBC em relação ao comercial, refere-se a constante manutenção destes, sendo que, as tubulações recomendadas em cada manual utilizado para sua construção, pvc normal pintadas de preto, rompiam-se com frequência devido a temperatura elevada e a radiação UV. Assim, sugere-se que essas tubulações sejam substituídas por mangueira de irrigação, resistente a altas temperaturas e com proteção a radiação UV.

A figura 3 demonstra as médias das temperaturas pela radiação média incidente em todos os equipamentos no período monitorado. A figura 3a) refere-se ao período de maio de 2009 a dezembro de 2009 utilizando-se reservatório de 80 litros sem revestimento térmico e a figura 3b) refere-se ao período de janeiro a maio de 2010 utilizando-se reservatório com revestimento térmico. Nota-se que a temperatura média atingida nos aquecedores de baixo custo apresentava valores para temperaturas muito abaixo dos valores encontrado no equipamento de aquecedor solar comercial. O mês de julho, correspondente ao inverno, foi o mês que apresentou os menores índices de radiação solar e o de dezembro, correspondente ao verão os maiores índices de radiação. Após a aplicação do revestimento térmico nos ASBC, nota-se um significativo aumento da temperatura da água nos equipamentos monitorados.



**Figura 3a) Refere-se ao período de maio de 2009 a dezembro de 2009 para o reservatório de 80 litros sem revestimento térmico**



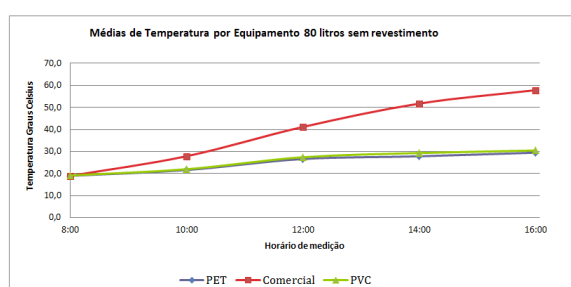
**Figura 3b) Refere-se ao período de janeiro a maio de 2010 para o reservatório com revestimento térmico**

**Figura 3: Médias das temperaturas pela radiação média incidente em todos os equipamentos no período monitorado**

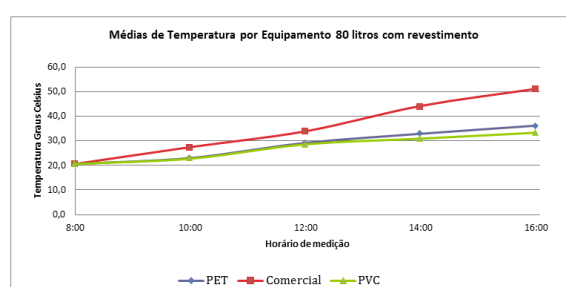
A figura 4 apresenta a média das temperaturas encontradas pelos equipamentos de acordo com o horário da medição. Nota-se que às 16 horas da tarde, era o horário em que a

ISSN 2236-0476

máxima temperatura era atingida. O aquecedor solar comercial possuiu o melhor desempenho de temperatura entre todos os equipamentos monitorados. A figura 4a) demonstra a média das temperaturas atingidas em cada equipamento sem revestimento térmico monitorado. Já a figura 4b) demonstra a médias das temperaturas dos equipamentos com revestimento térmico. Após a aplicação dos revestimentos térmicos nota-se o ganho de temperatura nesses equipamentos.



**Figura 4a) Média das temperaturas atingidas em cada equipamento sem revestimento térmico monitorado.**



**Figura 4b) média das temperaturas atingidas em cada equipamento com revestimento térmico monitorado.**

**Figura 4:** Média das temperaturas encontradas pelos equipamentos de acordo com o horário da medição.

## Conclusões

Os equipamentos de aquecedor solar de baixo custo se mostram uma excelente alternativa para promoção do aquecimento da água, todavia sugere-se que seja aplicado um sistema de revestimento térmico ao aplicado na pesquisa em questão para que seu desempenho em termos de aquecimento seja mais eficaz ao se aplicar em comunidades carentes. Sugere-se também, que seja que a tubulação descrita para a construção dos equipamentos seja substituída por mangueira de irrigação devido a sua alta resistência tanto ao calor como a radiação UV. O equipamento de aquecedor solar comercial ainda é o que apresenta os melhores resultados para aquecimento da água, porém seu custo é elevado, o que impossibilita sua implantação em comunidades carentes.

## Agradecimentos

A Faculdade de Engenharia Agrícola-Feagri e ao CNPQ pela bolsa de estudo concedida.

## Referências bibliográficas

ALANO, J.A . José Alcino Alano e Família. Manual do ASBC. Disponível em: <http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/meioambiente/solar.pdf> . Acessado em março de 2009.

ARMACEL 2010, Catálogo de Produtos. Disponível em:

ISSN 2236-0476

<http://www.armacell.com.br/novo/catalogos/armaduct1.pdf> acessado em: 13/05/09.

Ríspoli, I.A.G. **Estudo do Aproveitamento da Energia Solar Para o Aquecimento da Água Em Edificações Unifamiliares de Baixa Renda.** 2001. 258 p. Dissertação de Mestrado- Faculdade de Engenharia Civil –FEC - Unicamp, Campinas, SP. Brasil, 2001.

SOCIEDADE DO SOL, **Aquecedor Solar de Baixo Custo.** Organização Não Governamental. Disponível em: <http://www.sociedadedosol.org.br/> Acessado em março de 2009.