

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UMA BANCADA DE TESTES PARA COLETORES SOLARES NO LABSOL-UFRGS

F. N. Rosa, T.F. Manea, A. Krenzinger
Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL-UFRGS)
Tel. +55(51)33086841 e-mail: fabio.rosa@mecanica.ufrgs.br, tiagomanea@mecanica.ufrgs.br, arno.krenzinger@ufrgs.br

Ivan A. Cardoso
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
e-mail: ivanac@utfpr.edu.br

RESUMO: Para uma melhor utilização dos recursos de coletores solares para aquecimento de água é necessário conhecer bem suas potencialidades o que se pode obter através de testes de eficiência e determinação de suas características de operação. Para estes testes, são necessárias instalações que possibilitem ensaios dos modelos de coletores existentes no mercado bem como estas instalações atendam às normas vigentes para os devidos testes e comparações. Nos últimos anos algumas normas sofreram alterações no Brasil, e instalações mais antigas ficaram defasadas, sendo necessária a modificação ou construção de novas instalações para os testes. O artigo trata sobre o projeto e construção de uma instalação para testes destes coletores de acordo com a nova norma vigente no Brasil.

Palavras-chave: coletor solar, coletor tubular a vácuo, bancada de testes, aquecimento de água

INTRODUÇÃO

A utilização dos coletores solares para aquecimento de água ocorre em grande expansão em todo o mundo. Na América Latina o aquecimento de água utilizando energia solar para aplicações domésticas e industriais é comumente feito com coletores planos metálicos. No entanto a conversão de radiação solar em energia térmica para este fim pode ser feita com outros tipos de coletores como os tubulares evacuados ou coletores de baixo custo que utilizam materiais poliméricos como absorvedor. Para escolha do tipo de coletor e o dimensionamento de uma determinada instalação é necessário conhecer o seu desempenho térmico e as suas características físicas.

Os coletores solares que utilizam superfícies seletivas no seu elemento absorvedor e vácuo para melhor isolamento térmico já são conhecidos há décadas, mas o alto custo restringia sua utilização somente para casos em que se necessitavam temperaturas superiores a 80 °C. Ultimamente esses tipos de coletores têm se proliferado principalmente devido à participação massiva de coletores fabricados na China a custos significativamente mais baixos, estendendo sua participação inclusive para aquecimento de água para uso doméstico. Na maior parte dos países onde é empregado, o coletor solar tubular com isolamento a vácuo é preferido ao coletor convencional por sua operação adequada nos meses de inverno, quando as perdas térmicas praticamente inviabilizam a utilização de um coletor solar plano, (Manea et al., 2010).

Considerando a significativa expansão no mercado de coletores tubulares é necessária a realização de um amplo estudo que considere todos os aspectos desta tecnologia para diferentes climas no Brasil e outros países da América Latina. Este estudo envolve ensaios diferenciados e comparativos com os coletores planos e os vários tipos de coletores tubulares. Devem ser desenvolvidas algumas práticas experimentais que permitam identificar todos os parâmetros para a simulação computacional da operação destes coletores, incluindo ensaios de ordem óptica, calorimétrica e térmica. Verificou-se que mesmo entre os coletores tubulares existem variações significativas no desempenho dos coletores de diferentes fabricantes, (Cardoso et al., 2011). Os ensaios experimentais dos coletores solares buscam estabelecer informações sobre a eficiência térmica média, sob condições que permitam a comparação e a avaliação dos resultados (Wesley et al., 2010).

O LABSOL já pratica ensaios de desempenho de coletores solares há muitos anos tendo utilizado no passado inclusive um sistema com simulador solar para esta finalidade (Zilles, 1988), o qual está atualmente desativado. Uma bancada externa vinha sendo utilizada (Marroquin, 1989), atendendo às normas então existentes. Visando a realização deste estudo e atender às mudanças constantes na norma brasileira em vigor NBR 15747-2 (ABNT, 2009) para testes de coletores solares para aquecimento de água, foi necessário desenvolver uma bancada específica de testes bem como adequar equipamentos como os medidores de temperatura e de vazão. A garantia e a segurança dos equipamentos destas bancadas são essenciais para estabelecer uma segurança no mercado nos países que desejam aumentar a participação de energias renováveis (Bestenlehner et al., 2009).

OBJETIVOS

O presente trabalho descreve o projeto, construção e instrumentação de uma bancada para ensaio e caracterização de coletores solares para aquecimento de água baseada nas especificações da norma brasileira NBR 15747-2 (ABNT, 2009) construída no Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LABSOL-UFRGS).

Esta bancada possibilita o ensaio experimental simultâneo de dois coletores solares térmicos montados de acordo com as recomendações da norma mais recente para diferentes tipos de coletores, desta forma, podendo realizar comparações precisas sobre o comportamento de diferentes marcas, tipos, e inclusive tecnologias de coletores, ensaiados simultaneamente, sob as mesmas condições.

Serão apresentados alguns resultados de ensaios preliminares de coletores térmicos tubulares evacuados executados nesta bancada.

PROJETO

A primeira parte da bancada foi o projeto de uma estrutura capaz de suportar dois coletores solares montados, e que permitisse o seu giro para ser capaz de realizar o teste em diferentes horários do dia. Conforme a norma NBR 15747 (ABNT, 2009), o ângulo máximo de incidência solar não pode ser superior a 20°, portanto para possibilitar o teste em vários horários do dia, a estrutura deveria girar. Outro detalhe importante, é que em períodos em que os coletores estivessem montados, mas nenhum teste estivesse sendo efetuado, a estrutura deveria permitir aos coletores ficarem sem receber radiação solar na superfície absorvedora. Uma das maneiras de realizar isto seria girar os coletores em 180°. Isto se deve ao fato de que os coletores de tubos evacuados com superfícies seletivas podem facilmente atingir elevadas temperaturas com a água parada, portanto, se a bomba de circulação estiver desligada, é possível levar a água até o ponto de ebulição, o que poderia ocasionar danos ao sistema. Depois de analisada as diferentes possibilidades para permitir o giro da mesma em 180°, ou seja, capacidade de apontar os coletores para o sol em todos os horários do dia esta estrutura definitiva foi projetada em software CAD, como mostra a figura 1.

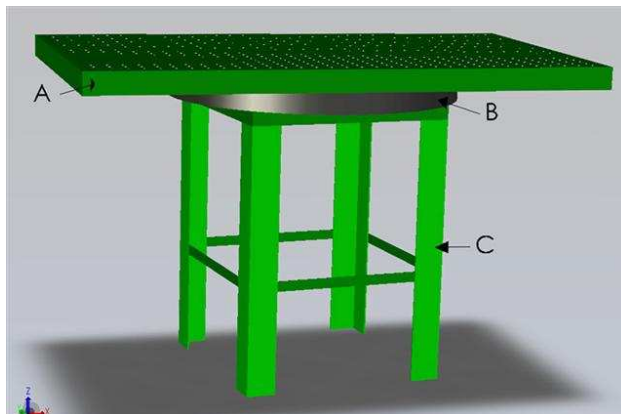


Figura 1: Modelo de estudo da plataforma giratória para ensaios de coletores solares térmicos.

A estrutura projetada possui quatro pés (C), uma plataforma retangular (A) fixada sobre um trilho circular (B). O giro ocorre porque sobre o trilho há rodízios fixados na parte superior dos pés possibilitando o giro de toda a plataforma em 360°. A estrutura foi projetada para suportar o peso próprio somado ao de dois coletores montados com água mais duas pessoas (para manutenção e operação do sistema).

CONSTRUÇÃO

A estrutura foi construída em aço a com a plataforma de 4,20 m x 2,90 m com uma altura de 2,60 m do solo para se evitar sombreamento da radiação direta e para diminuir a influência do albedo.

A estrutura (C) é fixa ao solo, em base de concreto. Foram utilizados perfis de viga U, em dimensão adequada para suportar o peso do trilho e da base giratória, adicionados ao peso dos coletores, instrumentação e pessoal necessário para manipulação dos equipamentos. A estrutura B, é o trilho responsável pelo giro da plataforma. A estrutura C recebeu diversas rodas com rolamentos duplos que deslizam em baixo do trilho (estrutura B). As rodas foram distribuídas uniformemente sob o círculo do trilho. A plataforma (estrutura A) foi construída com vigas de perfil U, com chapa de 3 mm sobre a mesma, furada para possibilitar a montagem dos equipamentos e de diferentes estruturas de coletores solares. O giro da estrutura é controlado manualmente por um operador do solo. O sistema permite que apenas um operador consiga girar a estrutura, mesmo com todo o peso de dois coletores montados sobre a mesma. Para evitar que a plataforma acabe saindo do trilho, ou, caso um peso maior seja concentrado em uma das pontas, foram colocadas travas de segurança que impedem o movimento vertical da estrutura A, mantendo a mesma sempre em contato com as rodas, conforme pode ser visto na figura 2. Também foi adicionado um sistema de freio que impede o giro acidental da estrutura, para maior segurança dos operadores.



Figura 2: Sistema de segurança do trilho e rodas

A figura 3 mostra a banca já pronta, onde é possível ver a base e a estrutura giratória que receberá os coletores a serem ensaiados.



Figura 3: Foto da bancada giratória pronta

NORMAS

Para realizar a montagem adequada da instrumentação, incluindo aquisição de novos equipamentos ou modificação dos equipamentos atuais, é necessário um estudo comparativo das normas principalmente na parte que se referem às precisões e exatidões das medições.

Para as medidas de vazão do líquido do coletor a norma anterior recomendava precisões de $\pm 2\%$ enquanto que na nova norma a precisão da medida de vazão deve ser de $\pm 1\%$ do valor medido. Na norma anterior era recomendada uma vazão ajustada em 1 l/min ($0,0167 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$) para cada m^2 de área do absorvedor. Na norma atual, a vazão recomendada é de $0,02 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ por m^2 para coletores com cobertura e de $0,04 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ por m^2 para coletores sem cobertura.

A norma anterior previa um medidor de temperatura para a entrada e saída do coletor com precisão de $0,1^\circ\text{C}$. A nova norma exige uma incerteza menor que $0,1^\circ\text{C}$, mas com um instrumento com resolução melhor que $0,02^\circ\text{C}$. Esta resolução é necessária para todas as temperaturas usadas com o ensaio do coletor. A norma atual também prevê que a diferença entre a temperatura de entrada e a de saída do coletor deva ser determinada com uma precisão menor que $0,05^\circ\text{C}$. Este é um dos pontos críticos da norma atual, onde são necessários equipamentos com capacidade de medição muito boa. Os sensores PT100 padrão do mercado com classe A, tem um resistência padrão de 100 ohms a 0°C e de acordo com a norma internacional IEC 60751 (IEC, 1995), a tolerância é de $\pm 0,15^\circ\text{C}$ a 0°C . Este valor se encontra acima do mínimo estabelecido pela norma nova. Portanto, é necessário um dispositivo melhor que o melhor PT100 padrão de mercado.

Esta precisão e resolução dependem dos equipamentos e do elemento sensor, sendo que os elementos padrões de mercado não atingem esta especificação, sendo necessário buscar equipamentos específicos ou desenvolver um medidor de temperatura que possa atingir estes requisitos.

INSTRUMENTAÇÃO

Utilizando um circuito em ponte de Kelvin associado a uma fonte de alta precisão e estabilidade com resistências de alta precisão, foi possível desenvolver um circuito para medir diferenças de temperatura com alta precisão, (Manea et al., 2011).

Foi utilizado um sensor para medida da temperatura ambiente, um na entrada e outro na saída do coletor. As medições foram efetuadas através de um equipamento de aquisição de dados da marca Agilent, modelo 34970A ligado a um computador para armazenamento dos dados ao longo de todo o período de testes.

A bomba para a circulação de água foi de marca Texius modelo TBHX-BR, de potência nominal de 100W com vazão máxima de 45 litros/min. O medidor de vazão utilizado para os ensaios apresentados neste trabalho foi de marca Signet 2000 Micro Flow Sensor, tipo turbina, com capacidade máxima de medição de vazão de 2,6 l/m. O medidor de vazão foi cuidadosamente calibrado com uma bateria de ensaios, comparando a massa de água circulante (medida em balança de precisão) com o sinal em frequência obtido do sensor. Outros medidores de vazão de alta precisão estão sendo adquiridos para ampliar as possibilidades de montagens com diferentes coletores.

No ensaio realizado foi utilizado um coletor solar de tubos evacuados com 20 tubos montados sobre a plataforma. A estrutura do coletor foi fornecida pelo fabricante para manter os tubos em posição conforme os mesmos são comercializados e instalados na região sul do Brasil, com inclinação de aproximadamente 45°. A bancada contou com uma medição de radiação direta através de um pireliômetro modelo NIP da marca Eppley e a radiação total através de um piranômetro modelo CM11 da marca Kipp&Zonen. Também foi medida a velocidade do vento durante todo o período de ensaios.

A figura 4 ilustra um esquema adaptado para a montagem da bancada de testes, conforme sugerido pela norma brasileira vigente.

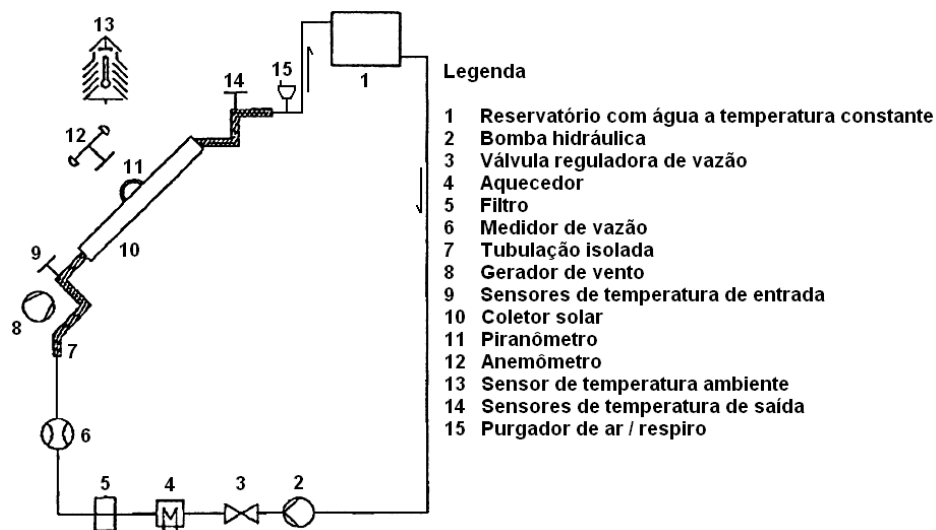


Figura 4: Esquema hidráulico e instrumentação de uma bancada (adaptado de NBR 15747-2 (ABNT, 2009)).

RESULTADOS

Utilizando-se da bancada com um coletor solar de tubos evacuados, pode-se efetuar uma série de ensaios conforme a norma brasileira NBR 15747-2 (ABNT, 2009) determina e obter alguns dados preliminares sobre o desempenho do coletor, conforme mostrado na figura 5, onde mostra um coletor montado sobre a bancada.



Figura 5: Coletor solar de tubos evacuados montado na bancada

Os dados obtidos em um ensaio preliminar e parcial estão relacionados na tabela 1, mostrando alguns pontos de um ensaio de um coletor solar

	Dados medidos				
Q_u [W]	1315,2	1386,4	1032,8	1059,6	803,1
GA_a [W]	1848,9	1791,2	1804,3	1771,4	1635,7
GA_{abs} [W]	1549,1	1500,7	1511,7	1484,2	1370,5
η_a	0,711	0,774	0,572	0,598	0,491
η_{abs}	0,849	0,924	0,683	0,714	0,586
$T_m - T_a / G$	0,024	0,025	0,0313	0,0314	0,047

Tabela 1: Dados de ensaio parcial de um coletor tubular

onde Q_u é o calor útil, GA_a é a radiação recebida sobre a área de abertura, GA_{abs} é a radiação recebida sobre a área do absorvedor, η_a é a eficiência considerando a área de abertura, η_{abs} é a eficiência considerando a área absorvedora, T_m é a temperatura média do fluido na entrada do coletor, T_a é a temperatura ambiente e G é a irradiância média do período.

A norma brasileira determina que absorvedor é o componente de um coletor solar que absorve a energia radiante e transfere essa energia na forma de calor para um fluido. Também determina que a abertura do coletor solar é a abertura através da qual a radiação não concentrada é admitida. A área bruta do coletor (A_G) é a área máxima projetada do coletor completo, excluindo tubulações externas. A área de abertura (A_a) é a área através da qual a radiação solar é admitida, e a área do absorvedor (A_{abs}) é a área projetada do absorvedor.

No caso dos coletores tubulares, esta área bruta A_G inclui a área da parte inferior onde são prendidos os tubos, a área ocupada pelo cabeçote, e o espaçamento entre os tubos. A área de abertura pode ser encontrada em normas e fabricantes definida de duas maneiras. Uma primeira é a área ocupada por cada tubo, ou seja, considerando a projeção do tubo, conforme especificada na norma brasileira. A outra é considerar a área dos tubos mais a área do espaçamento entre eles, conforme encontrado em especificações de alguns fabricantes. A área do absorvedor é determinada considerando apenas a projeção da área da parte absorvedora dos tubos. É importante definir bem o tipo de área que se está utilizando para os cálculos de eficiência, pois o valor adotado como área muda significativamente os valores de eficiência, e comparar dois coletores onde o cálculo foi efetuado com áreas conceitualmente diferentes, pode levar a enganos sobre qual coletor é realmente melhor.

Para este ensaio e para os dados da tabela, está sendo considerada a área de abertura (A_a) como a projeção da área ocupada pelos tubos, e a área do absorvedor (A_{abs}) como a área ocupada apenas pela projeção da área da parte absorvedora interna dos tubos.

Estes dados foram obtidos com um ensaio de alguns dias em Porto Alegre/RS no mês de Julho/2011, considerando as exigências da norma para a validação dos dados. Como se trata de um ensaio externo, o mesmo está sujeito as condições climáticas, e as suas variações. Portanto, um ensaio completo de um coletor pode levar dias, semanas, e conforme, até meses.

CONCLUSÕES

Apesar de terem sido obtidos apenas resultados preliminares, os dados mostram que a bancada atende as especificações da norma brasileira, e permite que o ensaio dos coletores seja realizado conforme estabelecido. O movimento de rotação da bancada dá mais flexibilidade para realizar ensaios com diferentes medidas de radiação de maneira rápida e eficiente.

O sistema de acoplamento da bancada com coletores permite uma troca rápida de coletores, bem como a montagem simultânea de dois coletores, podendo ser ensaiado apenas um, ou um par de coletores diferentes e inclusive de tecnologias diferentes, por exemplo, comparar um coletor de tubo evacuado com um coletor plano com cobertura, e obter as suas curvas de desempenho sob as mesmas condições.

As medições de temperatura se mostraram muito satisfatórias, obtendo resultados conforme a norma determina.

REFERÊNCIAS

- Bestenlehner D., Drück H., Fischer S. e Müller-Steinhagen H. (2009). Complete Test Facility For Solar Thermal Collectors And Systems. RIO 9 - World Climate & Energy Event.
- Cardoso I., Manea T., Rosa F. e Krenzinger A. (2011). Comparação de parâmetros de desempenho Entre coletores solares tubulares a vácuo. CIBEM 2011.
- Manea T., Rosa F., Perin A. e Krenzinger A. (2011). Dispositivo para medir o diferencial de temperatura em coletores solares para aquecimento de água. ASADES 2011.
- Manea T., Rosa F., Perin A. e Krenzinger A. (2010). Determinação de parâmetros de desempenho para coletores solares tubulares a vácuo. IV Conferencia Latino Americana de Energia Solar.
- Marroquin A. I. (1989), Relação Custo Benefício para Coletores Solares Planos e Parâmetros de Opção. Dissertação de Mestrado, PROMEC/UFRGS, Porto Alegre.
- Norma ABNT NBR 10184 (1988). Coletores Solares planos para líquidos – determinação do rendimento térmico.

Norma ABNT NBR 15747-2 (2009). Sistemas Solares térmicos e seus componentes – Coletores Solares, parte 2: Métodos de ensaio.

Norma IEC 60751 (1995). Industrial platinum resistance thermometer sensors.

Souto W., Riffel D. e Belo F. (2010). Sistema automatizado de testes de coletor solar plano. III Congresso Brasileiro de Energia Solar.

Zilles R. (1988). Comparação Experimental de Testes de Coletores Solares com Simulador e com Radiação Solar. Dissertação de Mestrado, PROMEC/UFRGS, Porto Alegre.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro em auxílio à pesquisa e em bolsas por parte do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Brasil (CNPq).

ABSTRACT

For a better utilization of the resources of water heating solar collectors, it is necessary to understand their potentialities and this can be obtained through efficiency tests and determination of their operational characteristics. To conduct these tests, it is necessary to have a facility that allows performance testing for the collectors available in the market. This facility also has to meet the requirements to the actual Brazilian standard. In the last years some standards have been modified in Brazil, and some old facilities needed to be updated. This paper shows the project and construction of a facility for performance tests for these collectors according to the Brazilian standard.

Keywords: solar collector, vacuum tube, test stand, water heating.