

Universidade do Sol: artigo técnico, número 1, Edição 1, Novembro de 2013

Eficiência de Coletores Solares

Comparações entre
Tubos Evacuados e
Coletores Planos

Eng. Lúcio César de Souza Mesquita, Ph.D.

Universidade do Sol
Rodovia Marechal Rondon, Km 274 - Prédio 5
CEP 18650-000 - São Manuel/SP

www.universidadedosol.org.br



UNIVERSIDADE DO SOL



Eficiência de coletores solares: comparações entre tubos evacuados e coletores planos.

Eng. Lúcio César de Souza Mesquita, Ph.D.

Universidade do Sol

Rodovia Marechal Rondon, Km 274 - Prédio 5 - CEP 18650-000 - São Manuel/SP

www.universidadedosol.org.br

Introdução

Em todo o mundo, os coletores solares térmicos mais comuns são os planos e os tubulares à vácuo, e, inevitavelmente, surgem discussões sobre as características comparativas dessas duas tecnologias, mais notadamente em relação à sua eficiência térmica. Hoje, no Brasil, não há

coletores solares de tubos evacuados testados dentro do programa do INMETRO (INMETRO, 2013) para a aplicação de aquecimento de água para banho, o que dificulta uma comparação direta por parte dos consumidores e técnicos do setor da construção.

Eficiência de Coletores Solares Térmicos e Áreas de Referência

Um coletor solar com 100% de eficiência seria aquele que convertesse toda a irradiação solar em aquecimento do fluido, sem nenhuma perda. Isso é impossível, e todos os coletores possuem perdas. A começar pelas perdas óticas, pois parte da irradiação é refletida pelo vidro dos coletores, ou pelo próprio absorvedor. Além das perdas óticas, existem também as perdas térmicas. Além dos fatores óticos e térmicos, também podemos dizer que a eficiência de um coletor depende de fatores geométricos, ou seja, como o espaço ocupado pelo coletor é aproveitado. O cálculo da eficiência de coletores solares depende da área do mesmo. Isso traz

alguma confusão, pois podemos escolher diferentes áreas de referência para o coletor quando fazemos esses cálculos. Os coletores solares podem ser definidos por três áreas distintas: área externa (ou bruta), área transparente ou área de absorvedor. Em coletores planos, essas três áreas são muito parecidas, mas em coletores de tubos evacuados, não. Nesses coletores existe um espaçamento entre os tubos e, com isso, há uma grande diferença entre a área externa (ou total) do coletor, que é efetivamente a área ocupada pelo mesmo, e a área transparente ou envidraçada, como fica evidente na figura 1.



Figura 1: Coletores evacuados com espaçamento entre os tubos. Fonte: Radiant Solar, Inc.

Obviamente, o calor útil gerado pelo coletor não se altera com a escolha da área de referência. Mas a eficiência calculada, sim.

Para evitar maiores confusões, os diversos programas de testes e certificação adotam uma única área como referência para os cálculos de um determinado coletor. No Brasil, usamos a área externa para os dados da etiqueta do INMETRO. Nos EUA também se usa a área externa. Na Europa, usa-se a área transparente,

apesar da nova norma europeia apresentar uma mudança para área externa também. Nas discussões aqui apresentadas adotaremos o padrão do INMETRO, ou seja, a área externa do coletor. Também é opinião do autor que essa é a área mais representativa de um coletor solar, particularmente considerando que em uma grande parte das aplicações encontra-se dificuldade de acomodar a área de coletores necessária, e essa área está relacionada à área externa do coletor e não à área transparente.



Comparação de Curvas de Eficiência

Todos os coletores tem sua eficiência reduzida quando operam com temperaturas de fluido maiores e sob condições de menor irradiação solar. Assim, os resultados da eficiência dos coletores são normalmente representados por curvas (ou retas) que mostram como a eficiência varia com a diferença entre a temperatura do fluido no coletor e a temperatura ambiente, e também com a irradiação solar (Duffie e Beckman, 2006).

A figura 2 mostra a representação do rendimento de todos os coletores de tubos evacuados do programa norte-americano de certificação de coletores, chamado de SRCC (SRCC, 2013). São 104 modelos ao todo. Fica evidente a enorme variação de eficiência entre os diversos modelos, o que reforça a necessidade de testes sob condições controladas para que se possa avaliar o rendimento de um determinado coletor.

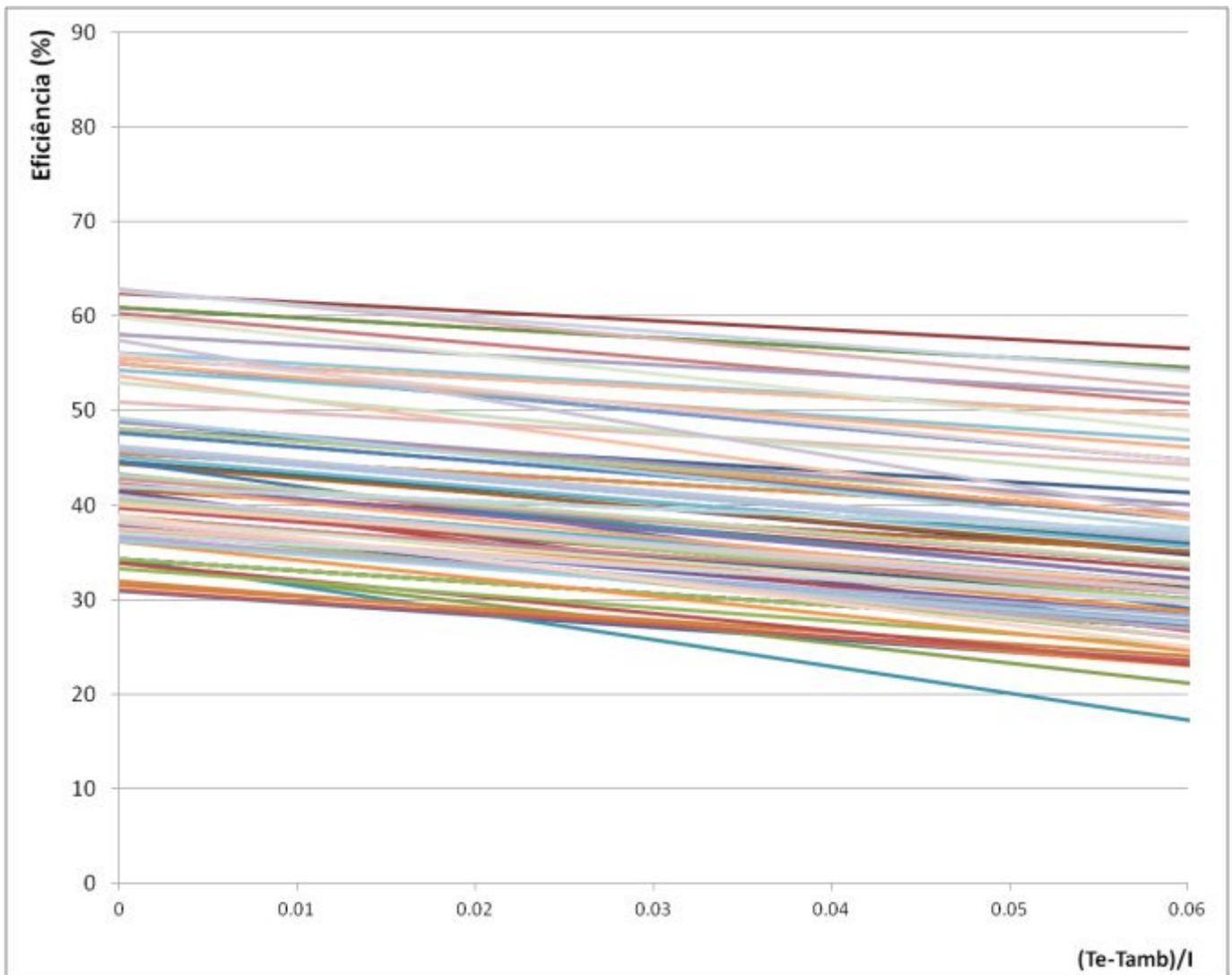


Figura 2: Curvas de rendimento de coletores de tubos evacuados participantes do programa norte-americano de certificação.



Vale repetir a figura 2 com as curvas de eficiência dos coletores à vácuo do programa norte-americano, mas agora com a adição de quatro curvas (figura 3). As duas curvas em vermelho tracejado representam os dois melhores coletores planos testados no programa dos EUA. As duas curvas em preto tracejado representam coletores planos do programa brasileiro. A mais acima representa o coletor plano de maior performance do programa brasileiro e a curva abaixo um coletor típico do limite mínimo de performance de coletores classificados como "A". Também foi adicionada a reta em azul na vertical, que marca o ponto de operação onde $(T_e - T_{amb})/I$ é igual a 0,02.

Esse ponto foi selecionado dentro do programa de etiquetagem do INMETRO como sendo representativo da operação de coletores solares para banho no Brasil, e a eficiência divulgada na etiqueta é baseada exatamente nesse ponto. É possível notar que mesmo o coletor plano com a mínima performance para se atingir o nível "A" do PBE/INMETRO teria uma eficiência superior à grande maioria dos coletores à vácuo. Apenas 7 modelos de tubos evacuados apresentam rendimento superior à desse coletor. E os coletores planos de alto rendimento possuem eficiência significativamente superior na faixa de trabalho de aquecimento para banho.

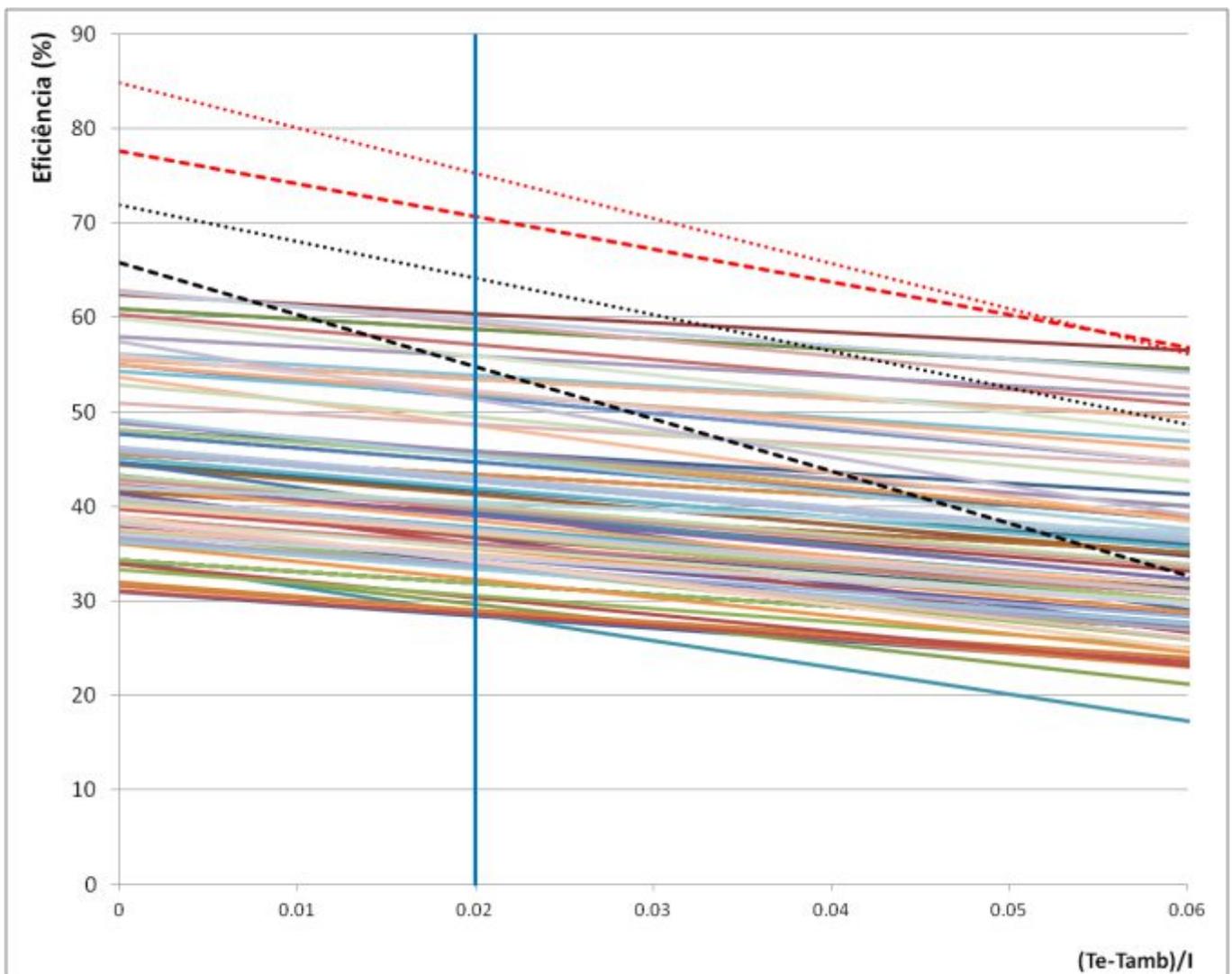


Figura 3: Curvas de rendimento de coletores de tubos evacuados participantes do programa norte-americano de certificação, além de 2 coletores planos do programa norte-americano e dois coletores planos do PBE/INMETRO.



Um teste comparativo experimental

Para demonstrar a informação acima, foi realizado um experimento comparativo com exemplares das duas tecnologias, com testes realizados entre Maio e Setembro de 2013, na cidade de São Manuel (SP). Um dos sistemas foi montado com coletores planos comuns, com absorvedor pintado e sem superfície seletiva, típico dos coletores usados no Brasil. O outro sistema recebeu um coletor de tubos evacuados de vidro simples, com tubos de calor (heat pipe) e aletas com superfície seletiva. A área externa dos dois sistemas é aproximadamente a mesma. A área externa do coletor de tubo evacuado é de

2,88 m² e sua área transparente de 1,75 m² (sem considerar a área do refletor). Para que as áreas externas fossem aproximadamente iguais, foram usados dois coletores solares planos de 1,43 m², com uma área externa total de 2,86 m². Os dois sistemas foram montados lado a lado, com os coletores instalados com orientação norte e inclinação de 20°. Na Fase 1, os dois sistemas foram conectados a reservatórios de 200 litros. Na Fase 2, os coletores planos foram conectados ao mesmo reservatório de 200 litros e os tubos evacuados a um reservatório de 100 litros.



Figura 4: Sistemas de aquecimento utilizados nos experimentos.



Os resultados são apresentados na figura 5, na forma de produção média diária de energia por m^2 de área coletora total. Em ambos os casos o sistema com os coletores planos produziu mais energia que o sistema com tubos evacuados.

A diferença de produção entre as fases 1 e 2 para os coletores planos se deu em razão da diferença nas condições meteorológicas.

Na Fase 1, a média de irradiação solar foi de $13,1 MJ/m^2$ e a temperatura média ambiente de

$22,6^{\circ}C$. Na Fase 2, a irradiação solar média foi de $14,4 MJ/m^2$ e a temperatura média ambiente de $22,3^{\circ}C$.

Vale ressaltar que os testes representam resultados apenas para as amostras realizadas, mas elas confirmam as conclusões advindas da avaliação das curvas de eficiência.

Podemos chegar às mesmas conclusões através de simulações com uso de softwares de análise de sistemas de aquecimento solar.

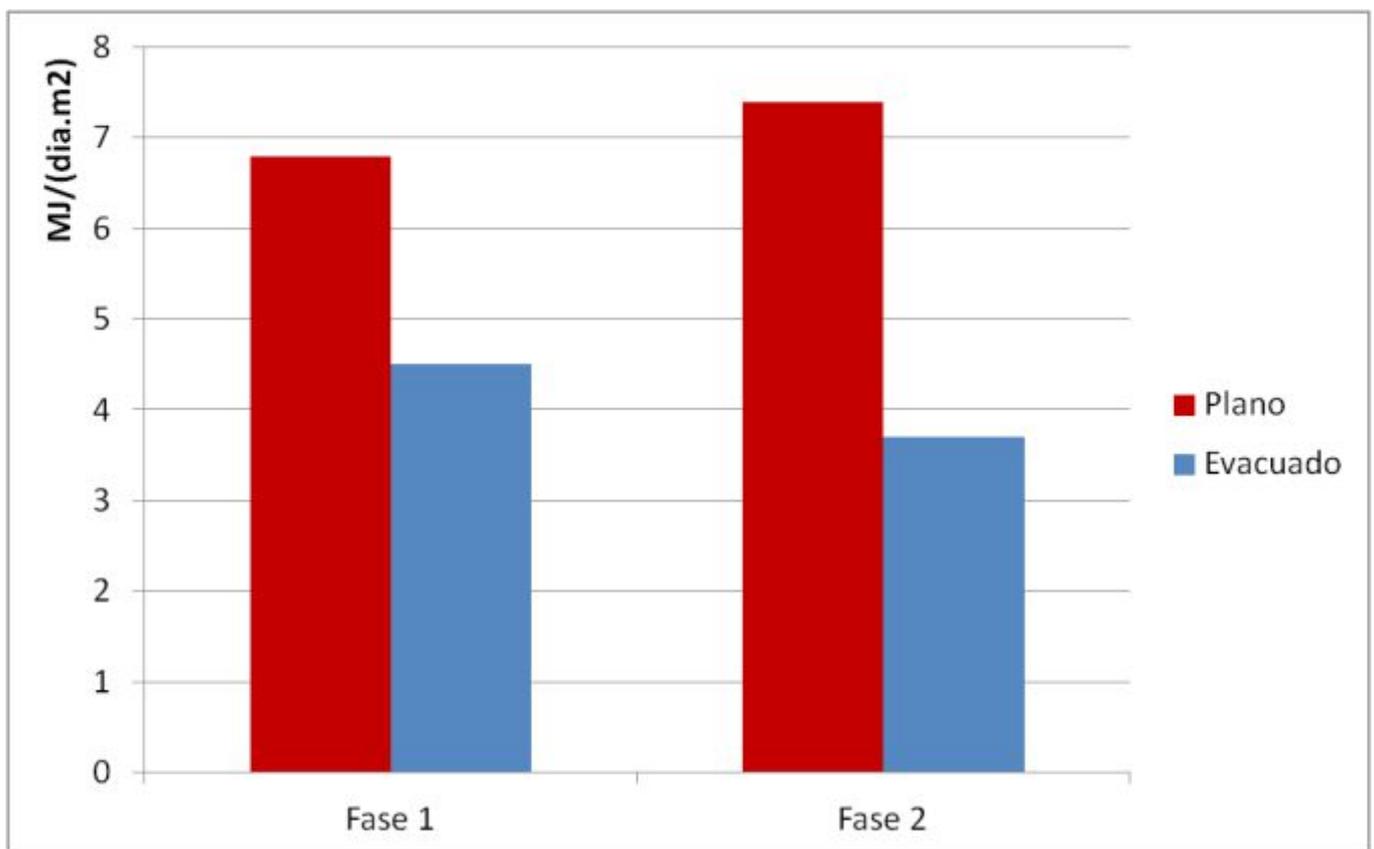


Figura 5: Resultado da avaliação experimental comparativa entre coletores planos e coletor por tubos à vácuo.



Considerações Finais

Quando compreendemos os fatos e os dados disponíveis de rendimento de coletores, é possível ver que, na maioria das vezes, os coletores planos são mais eficientes que os coletores de tubos evacuados para o aquecimento de banho. Isso quer dizer que é necessária uma menor área total de coletor solar plano para aquecer o mesmo volume de água. As reduzidas perdas de calor dos coletores à vácuo fazem com que esses sejam vantajosos para operação em temperaturas mais altas, tipicamente acima de 75°C, o que é importante muitas vezes em projetos de aquecimento para processos industriais, ou para sistemas de ar-condicionado solar por resfriadores a absorção.

Vale lembrar ainda que a análise de viabilidade comparativa de um sistema de aquecimento solar passa obrigatoriamente pela relação custo X benefício, isto é, além da avaliação de rendimento e produção de energia, é preciso uma comparação também de custos dos equipamentos.

Infelizmente, por falta de conhecimento ou por razões comerciais, encontra-se no mercado brasileiro um grande número de fornecedores de tubos à vácuo disseminando informações incorretas em relação à comparação de performance das duas tecnologias, algumas

vezes com números que desafiam qualquer análise técnica e científica e até o bom-senso.

O Brasil possui um potencial gigantesco para as aplicações da energia solar térmica, mas o crescimento sustentável do setor depende de práticas comerciais e técnicas respaldadas por profissionalismo e baseadas em respeito absoluto ao consumidor.

O relatório completo dos testes e uma análise teórica mais detalhada podem ser obtidos em documento disponível no endereço www.universidadedosol.org.br (Mesquita, 2013).

Referências Bibliográficas

- Duffie, J.A.; Beckman, W.A. Solar engineering of thermal processes. 3a edição. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 2006.
- INMETRO, Programa Brasileiro de Etiquetagem. <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>. Acesso em 11 de Novembro de 2013.
- Mesquita, L.C.S. Eficiência de coletores solares e comparações entre tubos evacuados e coletores planos: considerações teóricas e análise experimental. São Manuel: Universidade do Sol, Relatório Técnico n. 1, 2013.
- SRCC, Solar collector ratings, Disponível em: <http://www.solar-rating.org/ratings/index.html>. Acesso em 11 de Novembro de 2013.

Permitida a reprodução desde que citada a fonte

Lúcio César de Souza Mesquita

Diretor-Presidente da Thermosol Consulting e Diretor Técnico da Universidade do Sol, formou-se em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais e recebeu o título de Ph.D. também em Engenharia Mecânica pela Queen's University (Canadá). Projetista e consultor em energia solar térmica, Lúcio tem 20 anos de experiência na área, com projetos no Brasil, Estados Unidos e Canadá, incluindo-se mais de 200 projetos de médio e grande porte para edifícios residenciais, hotéis, hospitais, estabelecimentos de ensino e indústrias. Já atuou como consultor de dezenas de empresas e organismos como Departamento de Aquecimento Solar da ABRAVA, governo canadense (Natural Resources Canada), Prefeitura de Toronto, Enerworks, DuPont, Acesita, ALCAN, Prefeitura de Belo Horizonte, WINROCK Foundation, 7AC Technologies, VALE SA, Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e Soletrol; co-autor do Guia de Termografia Solar e autor de diversas publicações sobre aquecimento solar.

