

## RESUMO

*Um protótipo de um aquecedor solar de água para fins domésticos com uma área de 1 m<sup>2</sup> foi construído e testado. O equipamento consistiu de um tanque raso pintado de preto, isolado nas laterais e no fundo, funcionando ao mesmo tempo como coletor e reservatório de água quente. As curvas de resfriamento mostraram que para se obter uma retenção de calor adequada seria necessário utilizar-se uma tampa transparente dupla. Variou-se a quantidade de água no tanque. Com 50 litros de água observou-se temperaturas de até 87°C. Concluiu-se que é perfeitamente viável construir-se um coletor solar de água prático e barato para regiões equatoriais, ligando-se em série 4 unidades iguais à aqui testada.*

## INTRODUÇÃO

O aquecimento solar de água para fins domésticos é uma tecnologia simples e bastante difundida. No entanto, sua aplicação ainda não é uma prática constante no dia a dia.

A razão principal da não utilização de coletores solares está provavelmente ligada à problemas de custos dos materiais empregados na sua fabricação. Um coletor convencional, sendo normalmente constituído por uma série de tubos ligados a uma placa, necessita de uma quantidade considerável de material metálico, e este material (cobre, por exemplo) é caro, enquanto materiais mais econômicos freqüentemente apresentam problemas de corrosão ao longo do tempo. Um outro fator que encarece a instalação de coletores solares é a necessidade de se colocar um reservatório de água quente acima do nível dos coletores para que o efeito termosifão funcione.

No caso de regiões com características geográficas semelhantes às de Manaus, na qual a radiação solar atinge a terra quase que verticalmente, a utilização de coletores horizontais (com 0° de inclinação) apresenta-se perfeitamente viável. Fazendo-se estas considerações, surgiu a idéia de se construir e testar um tanque raso contendo água como coletor solar.

O presente trabalho descreve as experiências feitas com um protótipo de um coletor deste tipo.

---

(\*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O coletor (Fig. 1) consistiu de um tanque raso, metálico, pintado de preto, dentro de uma caixa isolante com uma tampa transparente. O tanque, sem tampa, foi feito de uma folha de aço galvanizado com as seguintes dimensões: largura 1m; comprimento 1m; altura 10cm. Depois de pintado o tanque foi colocado dentro de uma caixa de madeira com dimensões internas de 1,10m<sup>2</sup> x 15,0cm, de maneira que uma camada de serragem de 5cm de espessura ocupasse o espaço entre o tanque e a caixa, no fundo e nas laterais.

A água a ser aquecida foi colocada dentro do tanque, variando-se o volume conforme as experiências realizadas.

Nas primeiras experiências a caixa do coletor foi coberta apenas por um vidro de 1/8" de espessura e nas outras por uma tampa composta de três camadas: (1) uma folha de plástico transparente flutuando na superfície da água; (2) uma folha de plástico transparente esticada numa moldura de madeira; (3) um vidro de 1/8" de espessura a 2,5cm acima da folha de plástico superior.

Dois termômetros foram colocados na água do coletor em lados opostos, através de pequenas aberturas feitas na tampa.

Experiências de resfriamento foram realizadas na sombra, simulando-se vento através de um ventilador soprando sobre a tampa de modo que a ventilação atingisse o coletor formando um ângulo de 15° com a superfície do mesmo. A velocidade deste vento foi medida cronometrando-se o deslocamento de uma nuvem de fumaça introduzida periodicamente no fluxo de ar. Água quente foi colocada dentro do tanque e o mesmo foi fechado. A velocidade de resfriamento foi determinada medindo-se a temperatura da água em intervalos convenientes. A experiência foi repetida utilizando-se 30, 50 e 70 litros de água, correspondendo a profundidades de respectivamente 3, 5 e 7cm de água dentro do coletor.

Experiências de aquecimento foram realizadas colocando-se o coletor em lugar exposto ao sol durante todo o dia e medindo-se a temperatura da água em intervalos adequados. Os testes transcorreram em dias de céu aberto e nublado utilizando-se 50 e 70 litros de água.

As experiências foram realizadas durante os meses de fevereiro até maio de 1985. As coordenadas geográficas do local de teste (campus do INPA) são 3° 05' 35" S e 59° 59' 15" W.

## RESULTADOS

O aquecimento do coletor num dia sem nuvens está mostrado na Figura 2. Nota-se que a temperatura máxima (87°C) aconteceu em torno das 15,00 horas no horário de inverno. Em sete experiências realizadas em dias claros e nublados utilizando-se 50 lts e em seguida, utilizando-se 70 lts observou-se que a temperatura máxima foi alcançada em média às 15,30 e 15,45 horas respectivamente, dentro dos mesmos limites (entre 15,00 e 16,15 horas).

Outros aspectos de desempenho do aquecedor estão mostrados na Tabela 1.

As curvas de resfriamento do coletor estão apresentados na Figura 3.

Em quatro meses de testes não foi observado o crescimento de algas dentro do coletor.

Nas experiências de resfriamento, utilizando-se o ventilador o fluxo de ar foi medido em 4 m/s. Observou-se que esta velocidade foi atingida unicamente na parte central da tampa do coletor, sendo que nas partes laterais a velocidade da ventilação foi menor.

**Tabela 1.** Desempenho do aquecedor solar.

	Com 50 lts de água	Com 70 lts de água
Temperatura atingida (média de 7* dias) máxima observada	70 87	65 69
Temperatura às 18,00 hs (média de 7* dias) mínima observada	62 55	59 47
Hora em que a temperatura máxima foi atingida durante 7* dias de observações, a mais cedo	15,00h	15,00h
a mais tarde	16,15h	16,15h
média	15,30h	15,45h

\* Incluindo dias ensolarados e nublados.

## DISCUSSÃO

A unidade construída e testada durante estas experiências não é a versão final de um aquecedor solar doméstico, mas simplesmente um protótipo para avaliar o desempenho por m<sup>2</sup> de um coletor do tipo "tanque raso". Uma instalação doméstica normalmente aquece de 150-200 litros de água utilizando-se 3-4 m<sup>2</sup> de coletor (Almeida, 1979). Uma eficiente unidade doméstica seria por exemplo 4 das unidades do tipo testado, ligadas em série e equipadas com uma bôia para manter o nível da água, como mostra a Figura 4.

Além da simplicidade do modelo "tanque raso", pode-se esperar também como vantagem deste tipo de aparelho uma boa transferência de calor entre o coletor e a água, meta esta que foi objetivo de trabalho interessante de Crivelli & Weinand (1981) sobre o absorvedor de calor fluidizado. A principal desvantagem seria um resfriamento mais rápido da água durante a noite devido à geometria do reservatório, que tem uma superfície relativamente grande em relação ao seu volume.

Os resultados da Tabela 1 e da Figura 1 mostram que se pode esperar uma boa produ

ção de água quente e as curvas de resfriamento (Figura 3) mostram que normalmente a água ficaria suficientemente quente para o uso durante boa parte da noite. Nota-se que a ventilação utilizada nos testes de resfriamento (4 m/s) representa condições bem mais desfavoráveis, em termos da manutenção da temperatura no tanque, do que as condições climáticas do local. A velocidade média do vento na Reserva Floresta Ducke (25 km distante) foi de 0,17 m/seg em 1984 (Gões, 1984). Além disso, nos testes de resfriamento, deve-se levar em conta que as temperaturas mínimas das noites no local em que os testes foram realizados ficam sempre em torno de 21°C durante o ano inteiro (Gões, 1980).

As curvas de resfriamento mostram também que a tampa simples é inadequada para este tipo de coletor por causa da perda rápida de calor logo que o sol desaparece. Uma inovação foi a utilização de uma folha de plástico transparente flutuando na superfície da água para impedir a evaporação e subsequente condensação na superfície inferior da tampa, fenômeno que reduz a transmissão ótica desta.

A decisão da quantidade de água a ser colocada no coletor depende principalmente do tipo de uso a que se destina esta água. A temperatura de um coletor com muita água varia mais devagar do que a de um coletor com pouca água. Desta maneira um coletor com 70 litros de água conserva o seu calor por mais tempo, porém não atinge temperaturas tão altas como os coletores de 50 ou 30 litros. Como o coletor de 50 litros atingiu temperaturas bastante altas (87°C observados), não havia aparente vantagem em se trabalhar com quantidades de água menores que esta. Assim, os testes utilizando 30 litros foram encerrados. Por trabalhar a uma temperatura média mais baixa o coletor com 70 litros de água apresenta uma eficiência maior do que a de um coletor com 50 litros, porém há um aspecto negativo: em dias de pouca insolação pode-se não chegar a uma temperatura útil. Por estas razões recomenda-se o uso de 50 litros de água por m<sup>2</sup> de coletor. De toda maneira, querendo-se variar este volume, é necessário apenas ajustar a posição da bôia que controla o nível da água (Figura 4). A relação entre a temperatura do coletor e o volume de água aquecida também foi abordado por Harwood & Almeida (1981), que testaram um aquecedor solar comercial em Manaus.

Um aquecedor solar de água do tipo descrito aqui é apropriado para ser instalado no telhado de uma casa, de maneira que a água quente saia dos coletores por gravidade. Não há manutenção necessária além de uma eventual limpeza dos vidros de tempos em tempos. O coletor manteve-se livre de algas aparentemente por causa do efeito esterilizante da alta temperatura.

O coletor testado mostrou ser um aparelho simples e econômico. A construção de uma instalação doméstica seria altamente interessante. Os autores esperam poder comentar sobre o desempenho de tal instalação futuramente.

## SUMMARY

*A prototype domestic solar water heater with an area of 1 m<sup>2</sup> was constructed and tested. The principal element was a simple shallow black tank insulated on the sides*

and bottom, functioning both as the collector and hot water storage tank. Cooling curves showed that adequate heat retention could only be achieved using a transparent cover consisting of more than one layer. The amount of water in the tank was varied. With 50 L of water a temperature of 87°C was observed. It was concluded that it would be possible to make a practical and cheap solar water heater for equatorial regions by using in series 4 of the units tested.

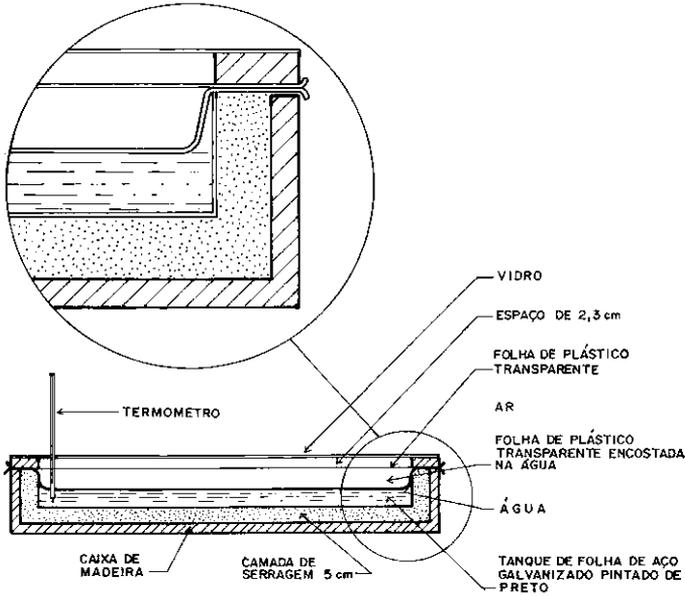


Fig. 1. Aquecedor solar d'água.

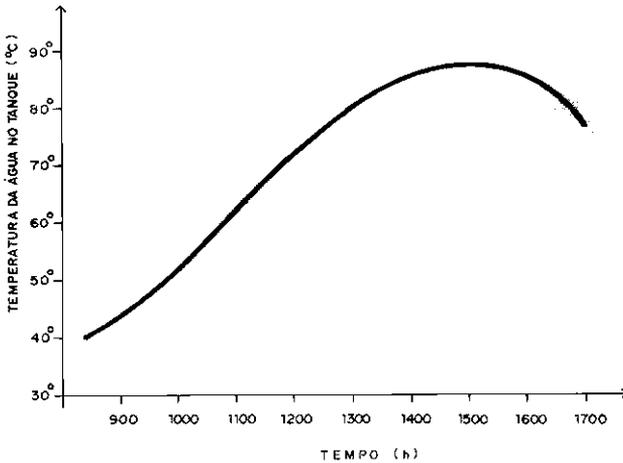


Fig. 2. Curva de aquecimento do "Tanque Raso" carregado com 50 lts de água num dia de céu aberto.

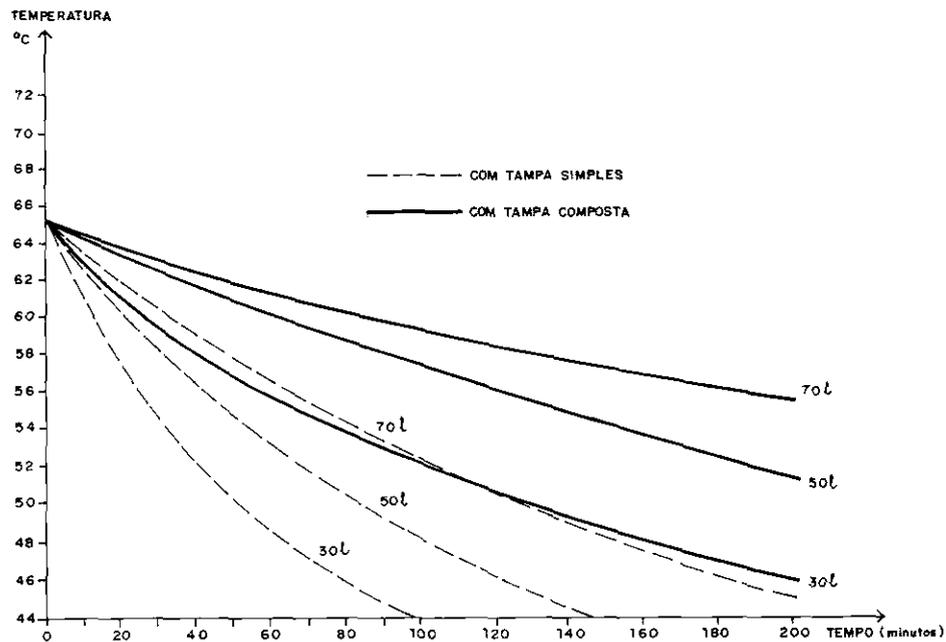


Fig. 3. Curvas de resfriamento do coletor solar na sombra com ventilação forçada.

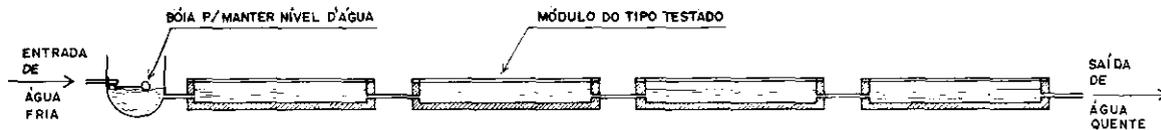


Fig. 4. Esquema de uma instalação doméstica de água quente baseada no coletor testado.

### Referências bibliográficas

- de Almeida, P. I. F. - 1979. Aquecimento residencial para países em desenvolvimento. **Boletim da A.B.En.S.**, 1(1): 48-61.
- Crivelli, E. S. & Weinand, W. R. - 1980. Coletor para aquecimento de água com absorvente de calor fluidizado. In: **Anais da 3. Reunião Anual da A.B.En.S.**, Curitiba, pp. 104-116.
- Goes, M. de Nazaré - 1980. **Boletim Meteorológico do INPA.**
- Goes, M. de Nazaré - 1984. **Dados Climatológicos da Reserva Florestal Ducke.** Manaus, INPA.
- Harwood, J. H. & de Almeida, R. - 1981. Desempenho de um aquecedor solar de água em Manaus. **Acta Amazônica**, 11 (2): 371-375.

(Aceito para publicação em 02.04.1986)