

UM ESTUDO SOBRE OS IMPACTOS TÉCNICOS DA INTRODUÇÃO DE SISTEMAS DE AQUECIMENTO SOLAR NO BRASIL

Passos L., Colle S., Cardemil J.M.

LEPTEN / LABSOLAR. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Trindade, 88040-900, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.
Tel: +55 48 3721-3397, luigi@lepten.ufsc.br

RESUMO

O uso de chuveiros elétricos no Brasil é o principal responsável pelo elevado pico de demanda no setor residencial entre as 18:00 e 21:00 horas. O aquecimento solar de água tem sido proposto como opção para amenizar este problema. No presente estudo avaliam-se os impactos decorrentes da introdução desses sistemas nas residências brasileiras, através de simulações horárias no software TRNSYS e dados meteorológicos no formato TMY. Nesse contexto, consideram-se três configurações dos sistemas. Os resultados indicam uma redução anual na demanda elétrica para aquecimento de água de pelo menos 68%. Já no pico de demanda observa-se uma redução de pelo menos 84%. Conclui-se então que o aquecimento solar de água é uma medida viável para reduzir o pico, muito embora esse pico permaneça virtualmente inalterado em condições climáticas desfavoráveis.

PALAVRAS CHAVE: Chuveiro elétrico, aquecimento solar, economia de energia.

ABSTRACT

The widespread use of electric showerheads in Brazil is the mainly responsible for the high peak on the residential electricity consumption between 18:00 and 21:00 hours. Solar hot water systems have been proposed as an option to reduce this problem. This work estimates the impacts by these systems deployment in Brazilian households. Simulations on TRNSYS were performed using TMY weather data. Three configurations were considered. The results shows a great thermal performance of the system, where at least about 60% of the total energy consumption for water heating can be supplied by solar energy and 84 % of the showerhead peak demand contribution can be reduced. Thus, the domestic solar hot water system is a feasible alternative to reduce the peak problem.

KEYWORDS: Electrical Showerhead, solar water heating, energy savings.

INTRODUÇÃO

O aquecimento de água para banho no Brasil é realizado predominantemente através do uso de chuveiros elétricos, os quais estão presentes em aproximadamente 73% dos domicílios (PROCEL, 2008). Contudo, o uso desses equipamentos é o principal responsável pelo elevado pico de consumo, aparente entre as 18:00 e 21:00 horas, na curva de demanda elétrica do setor residencial brasileiro. Estima-se que somente o chuveiro elétrico represente 43% do pico de consumo mencionado (ANEEL, 2010).

Como consequência do pico, toda a rede de geração, transmissão e distribuição do sistema elétrico brasileiro é superdimensionada para atender a demanda requerida nesse horário. Para tanto, dados do IPEA (2003) estimam um custo marginal de expansão da ordem de US\$ 1650 por quilowatt instalado. Além disso, a rede sofre um estresse decorrente do pico que resulta na violação dos padrões de qualidade do fornecimento da energia elétrica e na sobrecarga dos transformadores de distribuição. O chuveiro elétrico representa também uma parcela significativa do consumo total de eletricidade em uma residência, respondendo por aproximadamente 26% do total consumido (PROCEL, 2008).

Diante desses fatos, o aquecimento solar de água pra banho tem sido proposto como opção para desagregar o pico de demanda de energia elétrica. Todavia, poucos estudos consistentes foram realizados no sentido de avaliar os impactos da agregação desta tecnologia no Brasil (ABREU *et al*, 2004; COLLE *et al*, 2004; SALAZAR, 2004). Os resultados desses estudos mostram que a economia elétrica obtida no aquecimento de água é de pelo menos 50%, possibilitando ainda uma redução de cerca de 70% no pico de demanda. Contudo, tais resultados correspondem à região do Brasil com menores médias anuais de radiação solar e até o momento nenhum trabalho foi realizado no sentido de estender essa estimativa para outras regiões do país. Nesse contexto, o presente trabalho tem como propósito avaliar tecnicamente os impactos da agregação do sistema de aquecimento solar de água em todas as regiões do Brasil. Para isso utiliza-se o software TRNSYS como ferramenta de simulação computacional, no qual os modelos matemáticos representativos do sistema físico estão devidamente validados.

DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos utilizados na simulação devem representar de forma confiável o clima e as variações temporais do local onde o sistema solar estiver operando. Dados no formato TMY têm sido bastante utilizados com esse propósito (BOLAND; DIK, 2001). Nesse sentido, a base de dados SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*) dispõe de séries horárias no formato TMY para vinte cidades brasileiras, distribuídos conforme apresentado na Figura 1. Essas séries são construídas para representar um ano típico. Os dados disponíveis incluem as componentes global, direta e difusa da radiação solar, e dados relativos à temperatura ambiente e umidade relativa do ar. Os dados de radiação solar foram obtidos pelo NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) utilizando o modelo METSTAT, e os demais componentes meteorológicos foram coletados por estações localizadas nos aeroportos das referidas cidades.

PERFIL DE DEMANDA DE ÁGUA QUENTE

Tratando-se de uma simulação transiente, é conveniente que o perfil de consumo de água quente considerado também varie com o tempo. Neste contexto, considera-se um perfil de consumo estatisticamente válido, obtido a partir de dados coletados durante um estudo experimental de escala, onde 90 unidades habitacionais tiveram seu consumo elétrico para o aquecimento de água monitorado (SALAZAR, 2004).



Fig. 1 - Cidades brasileiras com dados TMY disponíveis (fonte: SWERA)

O formato padrão dos dados de consumo de água quente, conjugados ao TRNSYS, consiste de um intervalo de consumo e uma respectiva vazão para esse intervalo. O perfil desses dados é apresentado na Figura 2, considerando-se um consumo de 200 litros de água quente por dia.

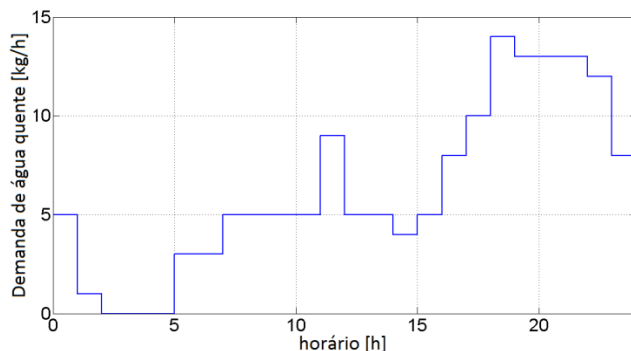


Fig. 2 – Perfil representativo da demanda diária de água quente numa residência

CONFIGURAÇÕES ANALISADAS

Os sistemas de aquecimento objetos da presente análise foram configurados considerando-se um coletor solar plano, com parâmetros de eficiência $F_R(\tau\alpha)_n = 0,67$, $F_R U_L = 5,74$ $W/(m^2.K)$ e $b_o = 0,16$. A área do coletor é igual a $1,36 m^2$ e a inclinação igual a latitude local + 10° . Para o reservatório térmico conjugado ao coletor solar considerou-se um volume de $200 l$. Os reservatórios são isolados termicamente com uma camada uniforme de lã de vidro de espessura igual a 5 cm e condutibilidade térmica de $0,04 W/(mK)$. A razão do diâmetro pela altura é de $1/2$. A temperatura estabelecida para o consumo de água quente é de $40^\circ C$. Três configurações distintas foram analisadas, conforme apresentado na Figura 3, onde AQ é a linha de água quente, AF a de água fria e VT a válvula termostática.

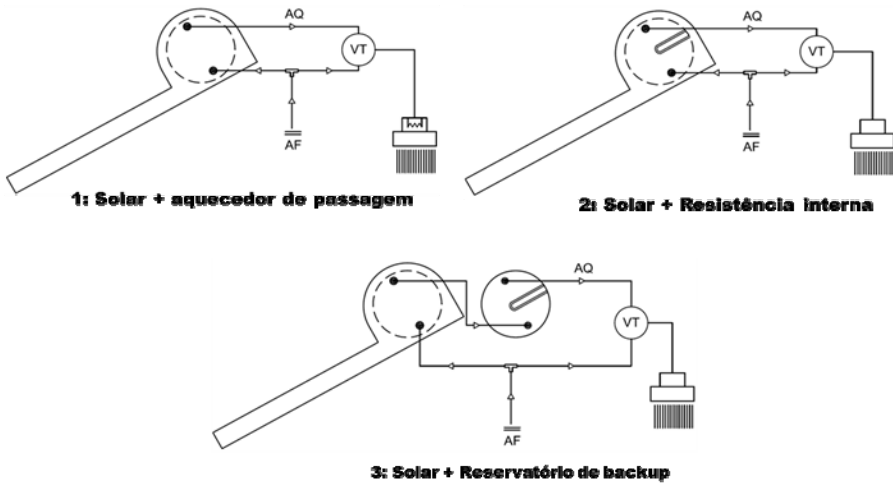


Fig. 3 - Esquema gráfico das configurações consideradas

RESULTADOS

O desempenho dos sistemas é apresentado em termos da fração solar f , definida como:

$$f = 1 - \frac{\int_{T_1}^{T_2} Q_{aux} dt}{\int_{T_1}^{T_2} m_c C_p (T_c - T_e) dt} \quad (1)$$

onde T_c é a temperatura estabelecida para consumo, T_e a temperatura da água que entra no sistema, m_c o consumo de água quente e Q_{aux} a demanda elétrica auxiliar. As simulações foram efetuadas em base horária, para o período de um ano, e uma vez computados os valores de consumo elétrico durante a operação do sistema, a fração solar foi determinada. Sob este conceito, fração de energia requerida para o aquecimento de água que pode ser suprida pela energia solar é apresentada na Figura 4, para as respectivas cidades analisadas.

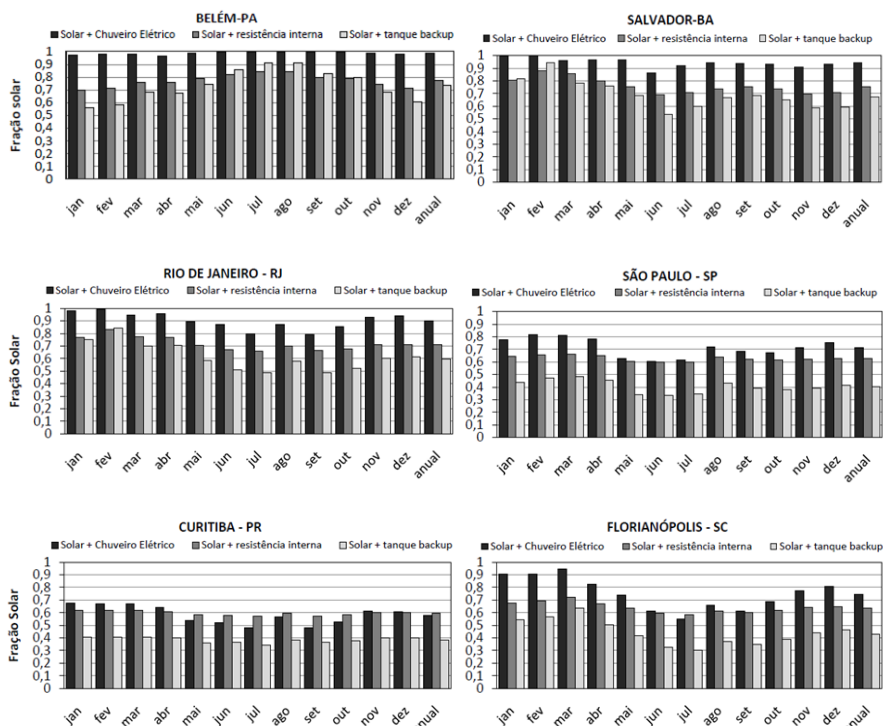


Fig. 4 – Fração mensal e anual de energia suprida pela energia solar

Por parte da curva horária de demanda elétrica dos chuveiros, a redução do consumo no horário de pico decorrente da economia de energia proporcionada pelo aquecimento solar é apresentada na Figura 5.

CONCLUSÕES

O sistema definido como *solar + chuveiro elétrico* possui a configuração de melhor desempenho. Tal resultado já era esperado devido as características de operação do sistema, as quais proporcionam um melhor rendimento do coletor, menor perdas térmicas e consumo elétrico auxiliar proporcional a temperatura pré-estabelecida para consumo. Constata-se que o desempenho apresentado por este sistema é expressivo em todas as cidades consideradas, apresentando-se um mínimo de cerca de 60% na cidade de Curitiba, região sul do Brasil, e cerca de 100% na cidade de Belém-PA, região norte. Evidencia-se também que há redução do consumo elétrico no horário de pico em pelo menos 84 %.

Portanto, torna-se evidente que os sistemas de aquecimento solar de água são uma medida viável para a redução do pico de consumo na curva de demanda de energia elétrica do setor residencial brasileiro, muito embora esse pico permaneça virtualmente inalterado caso ocorrem persistentes condições climáticas desfavoráveis.

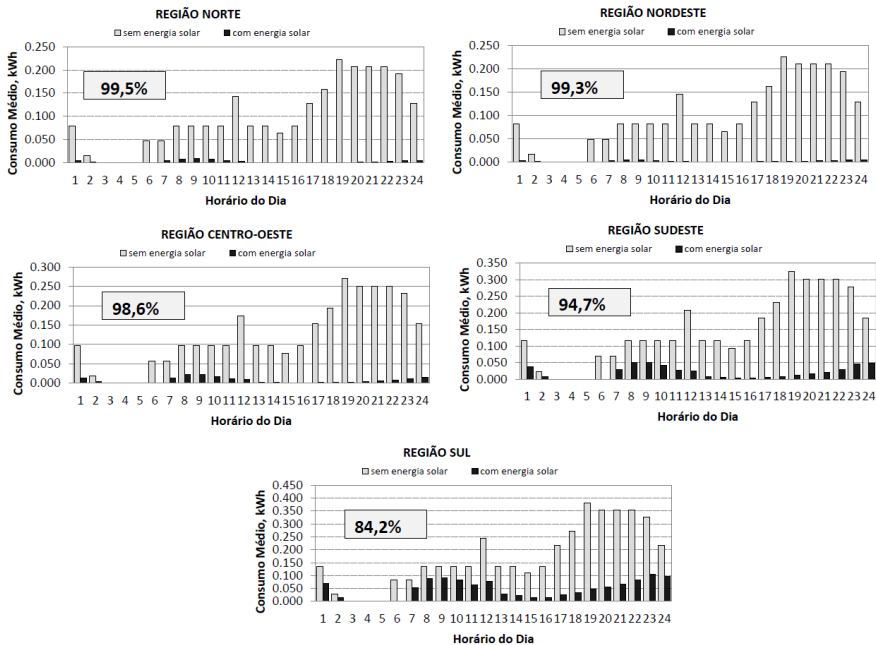


Fig. 5 - Redução do consumo elétrico para banho no horário de pico

REFERÊNCIAS

- Abreu, S. L.; Salazar, J. P.; Colle, S. *Impact of compact solar domestic hot-water systems on the peak demand of a utility grid in Brazil*. In: Proceedings of the EuroSun. Germany: ISES, 2004.
- ANEEL. *Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica*. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2010.
- Boland, J.; Dik, M. *The level of complexity needed for weather data in models of solar system performance*. Solar Energy, v.71, n.3, p.187-198, 2001.
- Colle, S.; Abreu, S. L.; Salazar, J. P.; Reguse, W. *Impacto da energia solar sobre o pico de demanda de energia dos chuveiros elétricos de famílias de baixa renda no Brasil*. In: Livro de Actas Del XII Congreso Ibérico y VII Congreso Ibero Americano de Energía Solar. España: ISES, 2004.
- IPEA. *Regulação do preço da energia elétrica e viabilidade do investimento em geração no Brasil*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003.
- PROCEL. *Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso*. Rio de Janeiro: Programa nacional de conservação de energia elétrica, 2008.
- Salazar, J. P. *Economia de energia e redução do pico da curva de demanda para consumidores de baixa renda por agregação de energia solar térmica*. Dissertação (mestrado). UFSC, 2004.