

IMPACTO DA ENERGIA SOLAR SOBRE O PICO DE DEMANDA DE ENERGIA DE CHUVEIROS ELÉTRICOS DE FAMÍLIAS DE BAIXA RENDA NO BRASIL

Colle S.*, Abreu, S. L.*, Salazar, J. P. L. C.*, Reguse, W.**

* LABSOLAR – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 88040-900, SC, BRAZIL,

tel.: +55-48-2342161, fax: +55-48-3317615, E-mail: colle@emc.ufsc.br

** CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina S/, E-mail: WilsonR@celesc.com.br

RESUMO

Uma característica particular do perfil de consumo energético no Brasil é o uso de chuveiros elétricos em larga escala, do que resulta um elevado pico de consumo de energia entre 18:00e 21:00 horas. Estudos revelam que os chuveiros elétricos representam aproximadamente 23% do consumo de energia doméstica. Chuveiros elétricos são baratos, tem preço da ordem de US\$ 30,00, potências nominais entre 4kW e 8kW e eficiência energética de conversão da ordem de 95%. As companhias de distribuição de eletricidade são obrigadas por lei a suprir energia elétrica à consumidores de baixa renda. Contudo, o custos de suprimento de energia são fortemente afetados pela potência dos chuveiros elétricos instalados, tornando os investimentos economicamente inviáveis. No sentido de estudar o impacto da energia solar sobre a redução do consumo energético de chuveiros elétricos, um grupo de 60 consumidores de baixa renda foi contemplado com aquecedores solares de baixo custo. Os chuveiros elétricos deste grupo e de outro grupo de referência de 30 consumidores foi monitorado. Os resultados preliminares são aqui apresentados.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento solar, chuveiros elétricos, redução do consumo de energia elétrica.

ABSTRACT

A particular characteristic of the electricity consumption in Brazil is the widespread use of electric showerheads and the resulting peak electricity demand between 18h and 21h. Studies have shown that electric showerheads represent approximately 23% of a households energy demand. Electric showerheads are very cheap, usual prices lie under US\$30, have a nominal power between 4kW and 8kW and are very efficient, around 95% in terms of energy conversion. Utility companies in Brazil are obliged by law to supply electricity to low income consumers. However, the associated costs are highly affected by the power of the electric showerheads, making investments in almost all cases economically unviable. In order to study the effect of compact solar domestic hot water systems on the peak demand of the electric showerheads, a group of 60 users with solar water heating systems, as well as a group of other 30 users without solar heater are monitored and investigated. The preliminary results are reported here.

KEYWORDS: Domestic hot-water solar heaters, electric showerheads, electric energy consumption reduction

INTRODUÇÃO

Um fator desfavorável às empresas de distribuição de energia elétrica no Brasil é o uso intenso de chuveiros elétricos. Em decorrência do grande número de chuveiros instalados, o pico de demanda de energia elétrica geralmente ocorre entre 18 horas e 21 horas. Cerca de 90% das residências do Brasil dispõem de chuveiros elétricos. Estes representam cerca de 23% do consumo de energia elétrica doméstica e este percentual pode alcançar 35% da demanda total durante o horário de pico de consumo das famílias de baixa renda (Prado and Gonçalves, 1998). O equipamento de chuveiro elétrico é relativamente barato e da ordem de US\$ 30,00 para potências nominais variando de 4kW a 8kW.

As companhias de distribuição de energia elétrica no Brasil são obrigadas por lei a suprir energias aos consumidores de baixa renda. O custo de geração, transmissão e distribuição é fortemente onerado pelos chuveiros elétricos e pode alcançar até US\$ 1500,00 por kW instalado. Esses fatores desfavoráveis nos permitem concluir que as companhias de energia elétrica deveriam considerar fortemente o uso da energia solar para reduzir o pico de demanda decorrente dos chuveiros elétricos no Brasil (Januzzi and Schipper, 1991).

Em pesquisa realizada anteriormente por (Salazar et al., 2003) foi otimizado o custo de capital de um aquecedor solar para consumidores de baixa renda. A otimização não foi validada experimentalmente em decorrência da falta de dados experimentais desses aquecedores integrados a chuveiros elétricos, operando como aquecedores auxiliares de passagem. Em (Colle et al, 2003) foi realizada a otimização do isolamento térmico do reservatório, para custo total (de capital mais operacional) mínimo, para o ano típico de Florianópolis. A otimização mostrou que o custo total do ciclo de vida do sistema é sensível com o custo de capital associado ao isolamento térmico do reservatório.

Com o objetivo de estudar o efeito da energia solar sobre a redução e desagregação do pico de consumo de energia de chuveiros elétricos conjugados a sistemas de aquecimento solar compactos de baixo custo, um estudo experimental de escala foi levado a efeito, na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil (27,6° de latitude sul). Sessenta consumidores criteriosamente selecionados receberam sistemas de aquecimento solar e trinta consumidores não contemplados com aquecimento solar foram considerados. Os chuveiros elétricos foram monitorados através de medidores digitais de consumo de energia elétrica, em intervalos de cinco minutos. O experimento deverá ser continuado até março de 2005. Os resultados preliminares de consumo de energia dos chuveiros dos grupos de consumidores considerados são apresentados neste trabalho. Os sistemas de aquecimento solar foram instalados no Condomínio Residencial Solar Buona Vita, localizado na praia de Canasvieiras - Florianópolis, que foi financiado pela Caixa Econômica Federal, cujos moradores adquiriram os apartamentos sob o contrato de leasing.

O presente projeto de pesquisa foi financiado com recursos do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa Centrais Elétricas de Santa Catarina, através de contrato regulamentado por legislação da ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.

DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O sistema de aquecimento solar consiste de um coletor solar plano de simples cobertura, integrado ao reservatório através da mesma estrutura compacta, conforme mostrado na Fig.

1. O sistema opera na modalidade de termosifão. O equipamento é fabricado pela empresa SOLARES – Ltda, de Florianópolis. O sistema pode ser facilmente instalado nos telhados das edificações de condomínios de baixa e médias rendas, conforme mostrado na Fig.2. O reservatório do sistema é provido de uma resistência elétrica de pré-aquecimento, inicialmente desativada. O chuveiro elétrico pode ser controlado manualmente pelo usuário de sorte a reduzir a energia consumida. A água quente do coletor é pré-misturada por um misturador termostático fabricado pela empresa suíça Taconova. As características do sistema são mostradas na Tabela 1. O coletor solar foi testado no ITW – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik – University of Stuttgart (Müller-Steinhagen, 2002).

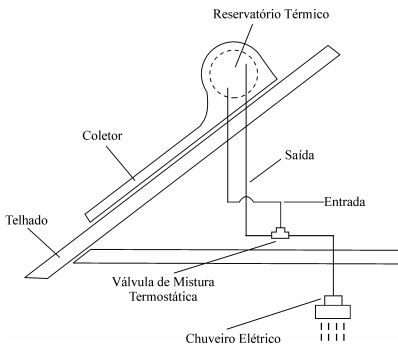


Fig. 1. Sistema de aquecimento solar



Fig. 2. Condomínio habitacional

Tabela 1. Características técnicas do sistema

Coletor solar plano		
	Área útil	1.36 m ²
	Placa absorvedora	1.32 m ²
	Cobertura	Vidro ordinário
	Placa - aleta	Cobre
	Tubos	Cobre
	Isolamento térmico	Camada de lã de vidro (20kg/m ³) de 50mm de espessura
	Cobertura absorvedora	Tinta orgânica negra solúvel em água com absorvância de 0,95
Reservatório térmico		
	Volume	100 litros
	Isolamento térmico	Camada de lã de vidro (20kg/m ³) de 50mm de espessura
	Aquecedor elétrico	1.5 kW (desligado)
Chuveiro elétrico regulado manualmente e disponível no mercado		
	Potência	De 0 a 6.8 kW

RESULTADOS PRELIMINARES

A energia medida nos chuveiros dos consumidores considerados foi totalizada em intervalos de uma hora. Os dados foram classificados segundo as seguintes classes de dias:

- (a) dias de trabalho (workdays);
- (b) finais de semana e feriados (weekends and holidays);
- (c) todos os dias (all days).

Essa classificação foi realizada com a intenção de realizar as diferenças existentes nos perfis de consumo em função de classes diferentes de dias.

A Fig. 3 mostra a energia consumida pelos chuveiros elétricos, para os dois grupos de consumidores considerados. Pode-se observar que o perfil de consumo é caracterizado por um baixo consumo entre 2:00 e 5:00 horas da manhã. Depois deste intervalo de tempo, a energia cresce para um nível de consumo determinado, permanecendo neste nível até cerca de 16:00 horas. Durante este período um pequeno pico ocorre após o meio-dia. Próximo ao final da tarde ocorre o pico de demanda crítico, com máximo ao redor das 19:00 horas. A relação entre o consumo médio e o pico de consumo (fator de carga) é da ordem de 0,37. A figura nos mostra também que não existe considerável diferença de consumo entre os dias de trabalho e dias de feriado.

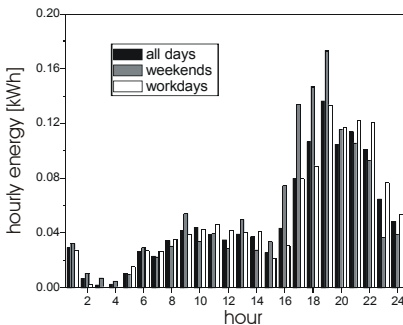


Fig. 3. Média mensal horária referente ao mês de fevereiro para diferentes classes de dias.

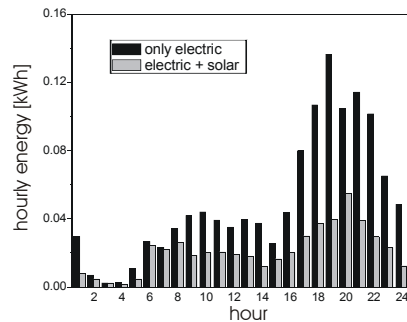


Fig. 4. Médias horárias de consumo dos para os meses de janeiro a março de 2004.

O consumo médio horário de energia por grupo de família para o período correspondente aos meses de fevereiro, março e abril de 2004, são mostrados na Fig. 4. Essa figura nos mostra que o pico de consumo horário de energia continua a existir para o grupo de consumidores usuários de energia solar. Todavia, o consumo de energia é significativamente reduzido, em comparação ao consumo correspondente ao grupo de consumidores não usuários da energia solar. O fator de carga medido no período é da ordem de 0,38. Comparando-se os picos de consumo dos dois grupos é verificado que o valor numérico do pico correspondente ao grupo não usuário de energia solar é da ordem de 2,5 vezes o valor numérico correspondente ao grupo de usuários de energia solar.

A Fig. 5 mostra a fração horária calculada para os sistemas de aquecimento solar para o mês de fevereiro de 2004, assumido a hipótese de mesmo consumo de água para os dois conjuntos de consumidores. Pode-se observar que a fração solar varia de 40% a 80% durante a maior parte do dia, sendo menor no período da manhã. A fração solar média para o mês considerado é da ordem de 58%.

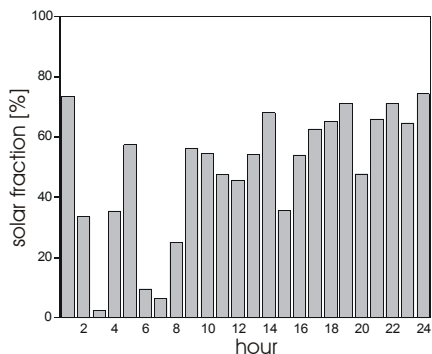


Fig. 5. Fração solar horária para o mês de fevereiro de 2004.

Os picos reais de consumo energia elétrica podem ser mais facilmente identificados através das Fig. 6 e 7, onde são mostrados os valores totalizados de energia elétrica medidos nos chuveiros para intervalos de cinco minutos. As Fig. 6 e 7 correspondem aos consumidores não-usuários de energia solar (para 01/02/2004) e usuários (para 28/02/2004), respectivamente.

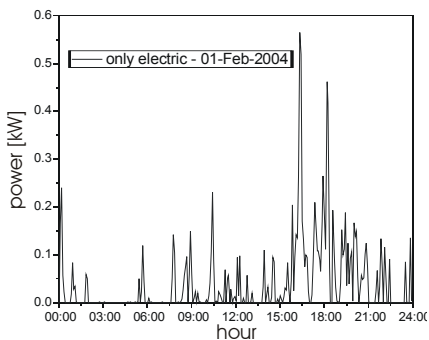


Fig. 6. Consumo médio (kW) em intervalo de 5 minutos para famílias não-usuárias de energia solar

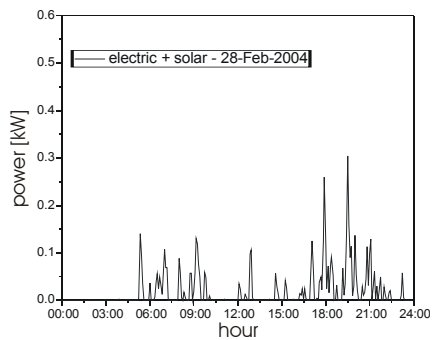


Fig. 7. Consumo médio (kW) em intervalo de 5 minutos para famílias usuárias de energia solar

CONCLUSÕES

A conclusão principal do presente trabalho é de que o uso da energia solar em grupos de consumidores de baixa renda reduz sensivelmente o pico de consumo de energia dos chuveiros elétricos. Os resultados aqui apresentados são preliminares. Todavia, eles

representam resultados consistentes e promissores, mesmo para Florianópolis, cidade localizada na região correspondente a menor média anual e maior variabilidade mensal da radiação solar incidente, conforme (Colle e Pereira, 1998). Dados a serem coletados em período subsequente ao período de coleta de dados considerado, serão utilizados para a validação de um algoritmo de simulação e otimização. Tal algoritmo será conjugado a base de dados de irradiação solar incidente, derivada de modelos físicos baseados em satélites e validado na superfície (Pereira et al, 2003), com o objetivo de realizar o mapeamento paramétrico ótimo do impacto da energia solar, na redução do fator de carga dos chuveiros elétricos na rede pública de distribuição de energia. Presentemente, o efeito do pré-aquecimento do reservatório térmico está sendo estudado, como também o desenvolvimento de um algoritmo de previsão meteorológica de radiação solar, com o objetivo de controlar o pré-aquecimento nos horários de tarifa mínima, nos dias de baixa insolação.

AGRADECIMENTOS

Os autores do presente trabalho agradecem a CELESC pelo suporte financeiro, sob contrato No. 032/435 - FAPEU / P&D CELESC – ANEEL e também a Caixa Econômica Federal, pela disponibilização do Condomínio Residencial Solar Buona Vita de Florianópolis - SC.

REFERÊNCIAS

- Colle, S., Glitz, K., Salazar, J. P., Abreu S. L. (2003). Cost optimization of low-cost solar domestic hot water systems assisted by electric energy. *Proceedings of the ISES – Solar World Congress*, 14-19 June, Göteborg, Sweden.
- Jannuzzi G.M., and Schipper L. (1991). The structure of electricity demand in the Brazilian household sector. *Energy Policy* (19) 879-891.
- Müller-Steinhagen, H. (2002). Thermal performance of solar collector, according to the European norm EN 12975-2:2001, *ITW Test Report No. 02COL273*.
- Prado R.T.A., and Gonçalves O.M. (1998). Water heating through electric shower and energy demand. *Energy and Buildings* (29) 77-82.
- Salazar, L. C. J. P., Abreu S. L., Borges, T. P. F., Colle, S. and Reguse W. (2003). Optimization of a compact solar domestic hot water system for low-income families with peak demand and total cost constraints. *Proceedings of the ISES – Solar World Congress*, 14-19 June, Göteborg, Sweden.
- Vine, E., Diamond R. and Szydlowski R. (1986). Domestic hot water consumption in four low-income apartment buildings. *Energy* 12, 459-467.
- Colle, S., Pereira, E. B. (1998). *Atlas de Irradiação Solar do Brasil*. Publicação do Instituto Nacional de Meteorologia.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Abreu, S. L., Renné, D., Perez, R. Colle, S., Schilings, C., Meyer, R. (2003). Cross validation of satellite radiation transfer models during SWERA project in Brazil. *Proceedings of the ISES – Solar World Congress*, 14-19 June, Göteborg, Sweden.