

# CONTRIBUIÇÃO DE ENERGIA SOLAR PARA AQUECIMENTO DE ÁGUAS SANITÁRIAS: ESTUDO DE UM CASO EM PORTUGAL

**J. Abel Andrade**

Departamento de Engenharia Mecânica

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Instituto Politécnico do Porto

R. António Bernardino de Almeida 431, 4200-072 PORTO

Portugal

## Resumo

Esta comunicação descreve o plano de monitorização para avaliação dos parâmetros relevantes do sistema de aquecimento de águas sanitárias misto, gás/energia solar, implementado num edifício de habitação social, na cidade de Vila do Conde, Portugal. Os resultados obtidos pelo plano de monitorização, para três das dezasseis habitações existentes no edifício, indicam que a contribuição solar para aquecimento de água sanitárias é de 50% atingindo cerca de 80% no período de Verão e de 40% no período de Inverno.

**Palavras-chave:** energia solar, água quentes sanitária, consumo de energia

## 1. INTRODUÇÃO

As energias renováveis, e em particular a energia solar, foram sempre encaradas com grande desconfiança pelos sectores da energia convencional. No entanto, hoje em dia, existem motivações que justificam a promoção das energias alternativas, algumas delas, como o caso da energia solar, com condições de mercado mais favoráveis.

O aumento na procura deste tipo de soluções alternativas pode ser atribuído, na sua generalidade, à combinação entre o aumento do custo das formas convencionais de energia com o aumento da consciencialização no que diz respeito à diminuição dos danos ecológicos.

As necessidades de energia para aquecimento das águas sanitárias são uma percentagem elevada das necessidades totais sendo superiores a 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano como é indicado em (Buhring & Silva, 1999) pelo que representam uma parcela a considerar num contexto de racionalização de energia.

A utilização de equipamento de combustão, como por exemplo o uso de caldeiras para aquecimento de águas domésticas, pode criar problemas na qualidade do ar interior pela formação de gases de combustão, (Zorraquino *et al.*, 1999). A caracterização destas emissões é estabelecida por índices de emissão referidos em Marques & Pinho (1998), cujos limites são indicados na norma europeia EN297 (1997) e por WHO (1987).

Como complemento do exposto, e atendendo a que a energia solar é uma fonte energética disponível para todos, a utilização de sistemas de aquecimento de água por recurso à tecnologia dos painéis solares tem sofrido um aumento considerável quer em Portugal quer no Brasil como referido em (Krezinger *et al.*, 1998).

A análise do comportamento térmico de sistemas tais como edifícios e seus equipamentos, incluindo-se aqui os sistemas de aquecimento de águas quentes sanitárias, é essencial para o melhor conhecimento das suas características e potencialidades assegurando-se assim uma base sólida que permita a sua divulgação como instrumento de utilização.

Existem duas opções de estudo referidas por Laret (1990) como sendo a via numérica e a experimental. A simulação numérica é hoje em dia muito frequente, utilizada entre outros por Laret (1990) e Morejon (1998). Esta situação não é alheia ao facto dos resultados serem obtidos num curto espaço de tempo pelo desenvolvimento da tecnologia de computação.

A segunda via da experimentação é bastante mais morosa pelo que tem menos adeptos e na qual apenas se analisa, geralmente, o comportamento de equipamentos individualmente como sendo o caso do estudo da eficiência de caldeiras a gás, (Marques & Pinho, 1998 ) ou da influência de fogões a gás na qualidade do ar interior, (Zorraquino *et al.*, 1999).

Estes dois tipos de estudo devem ter um desenvolvimento em conjunto para que a experimentação valide o processo numérico. No entanto, o comportamento de sistemas térmicos quando em funcionamento regular apresenta-se com características diferentes por acção de imponderáveis como seja o modo de estar das pessoas que os utilizam diariamente. Assim torna-se fundamental que se processe uma via complementar às anteriores que caracterize o funcionamento dos sistemas quando integrados na situação de real.

O estudo apresentado insere-se neste último contexto, permitindo quantificar em termos operacionais de funcionamento a contribuição da energia solar, através da tecnologia dos painéis solares, para o aquecimento das águas quentes sanitárias em três habitações da cidade de Vila do Conde, Portugal. Simultaneamente permite demonstrar que a utilização de energias alternativas, tal como a energia solar, pode resultar numa redução do consumo de energia de origem fóssil e da melhoria da qualidade ao ambiente interior.

## **2. CARACTERIZAÇÃO DA INSTALAÇÃO**

O edifício objecto deste estudo encontra-se localizado na cidade de Vila do Conde, Portugal, e é constituído por 16 apartamentos distribuídos por 4 pisos. Dos diferentes apartamentos, 3 encontram-se monitorizados com a finalidade de avaliar, durante o período de ocupação, o consumo de energia assim como a qualidade de conforto como referido por Fernandes *et al.* (1997). A escolha dos apartamentos a avaliar foi baseada numa previsão de consumo de energia para aquecimento ambiente constante do estudo PLEA88 (1992).

Os apartamentos são designados neste estudo por X, Y e Z e qualquer um destes tem uma área de 80 m<sup>2</sup> e com um nível de ocupação de 3 pessoas.

O aquecimento de águas sanitárias é realizado em caldeira a gás e é auxiliado por um conjunto de seis colectores solares por cada quatro habitações, em altura, correspondendo a 3m<sup>2</sup> de superfície colectora por habitação. Os colectores encontram-se localizados no terraço do edifício com uma orientação a Sul e uma inclinação de 36°.

O esquema deste sistema de aquecimento de águas sanitárias é apresentado na figura 1.

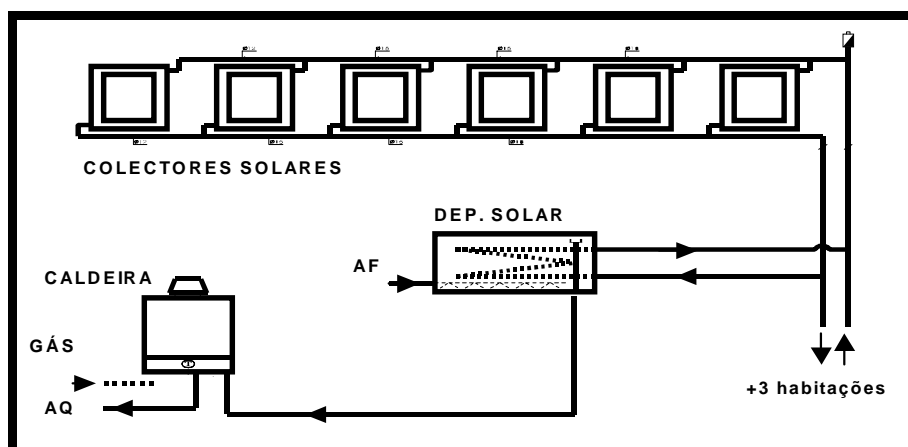


Figura 1 - Sistema de Aquecimento de Águas Sanitárias

A água circula em circuito fechado nos colectores solares, agrupados em paralelo, e pelos depósitos de água quente solar existentes em cada uma das habitações. Cada depósito tem um capacidade de 150 litros o que corresponde aos valores normalmente utilizados, 50 a 100 litros por  $m^2$  de colector.

A bomba circuladora é comandada por um controlo cuja actuação assegura o seu funcionamento sempre que o nível de radiação solar incidente atinge um valor pré-fixado. Existe ainda um controlo com actuação diferencial de temperaturas ( $4^{\circ}C$ ) entre a entrada e saída dos colectores. Para além destes dois existe um temporizador que coloca a bomba em funcionamento durante 2 minutos em cada período de 10 minutos.

A circulação de água do circuito primário no depósito de cada habitação é controlada por válvula termostática pré-regulada para  $55^{\circ}C$  o que significa que quando a temperatura da água acumulada no depósito é inferior à temperatura fixada, a válvula abre e a água em circulação passa pelo depósito.

O aquecimento suplementar da água, sempre que necessário, é realizada numa caldeira a gás do tipo WRS 325 de uma empresa sediada em Portugal.

Entre as alternativas para o circuito de águas quentes sanitárias a equipa responsável pelo projecto dos sistemas térmicos optou pela colocação da caldeira e depósito solar em série pelo que a água fria sanitária entra no respectivo depósito onde recebe um primeiro aquecimento e depois segue para a caldeira onde recebe o aquecimento final, se necessário.

Apesar do sistema de controlo implementado garantir uma temperatura de utilização de água de  $55^{\circ}C$  a temperatura é muita vezes inferior por os utilizadores desligarem manualmente a caldeira quando consideram que a temperatura da água do depósito solar é suficiente para as actividades como por exemplo o acto de lavagem de louça.

### 3. PLANO DE MONITORIZAÇÃO

O plano de monitorização para avaliar a contribuição solar no aquecimento de águas sanitárias insere-se num programa de monitorização mais amplo com objectivos descritos em Fernandes (1997). Este, para além do estudo de parâmetros ambientais relativos ao conforto térmico envolve a avaliação do consumo de energia por fontes de energia utilizadas nas habitações e que são o gás, a electricidade e a energia solar.

Deste modo poder-se-á avaliar a contribuição da energia solar no aquecimento de águas sanitárias mas também a sua participação no consumo global das habitações.

A energia solar captada nos painéis solares tem como única utilização no edifício o aquecimento de água sanitária. No entanto, o aquecimento das águas sanitárias tem como energia complementar a energia térmica proveniente da combustão do gás na caldeira. Assim, nas águas quentes sanitárias podem ser contabilizadas duas quantidades de energia térmica. Uma fornecida pelo depósito solar - proveniente dos colectores solares, e outra realizada na própria caldeira.

Do exposto, para análise da contribuição solar no aquecimento da água sanitária torna-se necessário avaliar o consumo de gás na caldeira, a energia térmica recebida pela água no depósito solar e a energia térmica recebida pela água na caldeira de acordo com o esquematizado na figura 2.

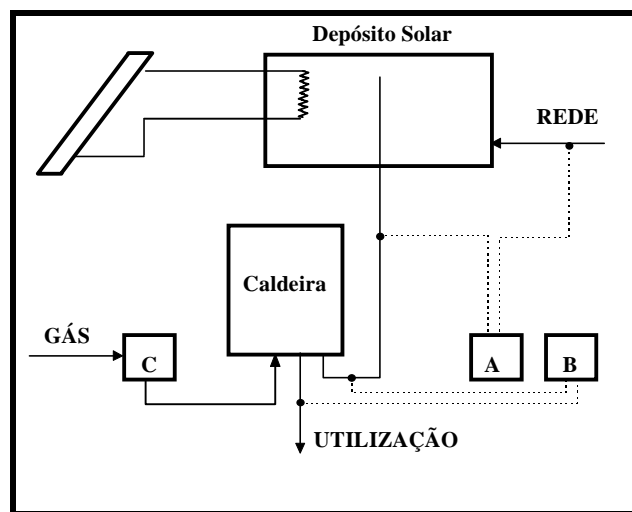


Fig. 2 - Esquema de monitorização do sistema de águas quentes sanitárias

A determinação do consumo de gás requer a instalação de um medidor de caudal de gás no circuito de alimentação da caldeira - contador C, Fig. 2. Os medidores a utilizar são do tipo volumétrico. A partir do caudal volumétrico e considerando o poder calorífico do gás é calculado o seu valor energético em termos de kWh.

O consumo de energia associada às águas quentes é avaliado em termos de energia térmica pela utilização de medidores de energia térmica. A distribuição dos medidores de energia térmica pelos pontos chave da rede de águas sanitárias é feito do seguinte modo:

- Entre a entrada e saída do depósito solar para contabilizar a energia recebida pela água sanitária quando passa pelo depósito solar - Contador A, Fig. 2.
- Entre a entrada e saída da caldeira que permite contabilizar a energia recebida pela água sanitária quando passa na caldeira - Contador B, Fig. 2.

Nos casos em que as necessidades de água quente, em termos de temperatura, forem inferiores às temperaturas da água que chegam à caldeira, esta não provoca a queima de gás e o medidor de energia térmica não é activado. Este apenas apresentará consumo quando houver elevação de temperatura entre a entrada e saída da água na caldeira. Os medidores de energia térmica a utilizar são do tipo medidores de entalpia.

#### 4. RESULTADOS

Os resultados apresentados da avaliação da monitorização efectuada nas habitações X, Y e Z são relativos a um período de 2 anos, de Abril de 1996 a Março de 1998.

A energia solar é contabilizada em termos de energia térmica recebida pela água sanitária no depósito solar. No entanto, a água sanitária recebe uma energia complementar na caldeira proveniente da queima de gás.

Atendendo a que a energia térmica recebida pela água na caldeira é proveniente da combustão de gás e que o caudal volumétrico deste se encontra avaliado pelo processo de monitorização implementado pode-se estabelecer a relação entre a energia solar contabilizada no depósito solar e a energia correspondente ao consumo de gás. A transformação do consumo de gás em energia térmica foi baseada num factor de 25.8 kWh/m<sup>3</sup>. Os resultados obtidos para o período referido de 2 anos, e traduzidos em termos anuais, são os constantes da tabela 1.

Tabela 1 - Consumos de energia para AQS (kWh)

	X		Y		Z	
	Gás	Solar	Gás	Solar	Gás	Solar
kWh/ano	706	578	453	482	645	799
%	55	45	49	51	45	55

A análise dos valores anteriores permite concluir que o consumo de energia para aquecimento de água quente sanitária é, em média, de 15 kWh/m<sup>2</sup>.ano como é indicado em (Buhring & Silva, 1999). Simultaneamente, verifica-se que a importância da energia térmica proveniente do depósito solar é de cerca de 50% em relação à energia térmica resultante da combustão do gás na caldeira o que equivale a uma redução para metade do produto resultante de uma fonte poluente como é a queima de gás com benefício evidente para a qualidade do ar interior. Aquele valor é inferior ao utilizado normalmente para efeito de análise económica dos sistemas de aquecimento de águas quentes sanitárias por recurso a painéis solares. Esta diferença de valores pode ser justificada na premissa de se considerar o rendimento da caldeira de 90% como referido na literatura de promoção de equipamento e de resultados experimentais apontarem apenas para 80%, (Pilão, 1998), enquanto os resultados da monitorização a este edifício apontam para um rendimento de apenas 60%.

A contribuição solar não é constante ao longo do ano. Nos períodos de Verão a energia disponível ao nível dos colectores solares é maior pelo que a energia térmica armazenada nos depósitos solares é superior. Nestas condições o consumo de gás será inferior naqueles períodos uma vez que a temperatura de saída da água da caldeira não é alterada pelos utilizadores durante o ano.

A contribuição do gás e da energia solar para AQS ao longo dos 24 meses de monitorização para os três apartamentos em estudo é indicado na figura 4.

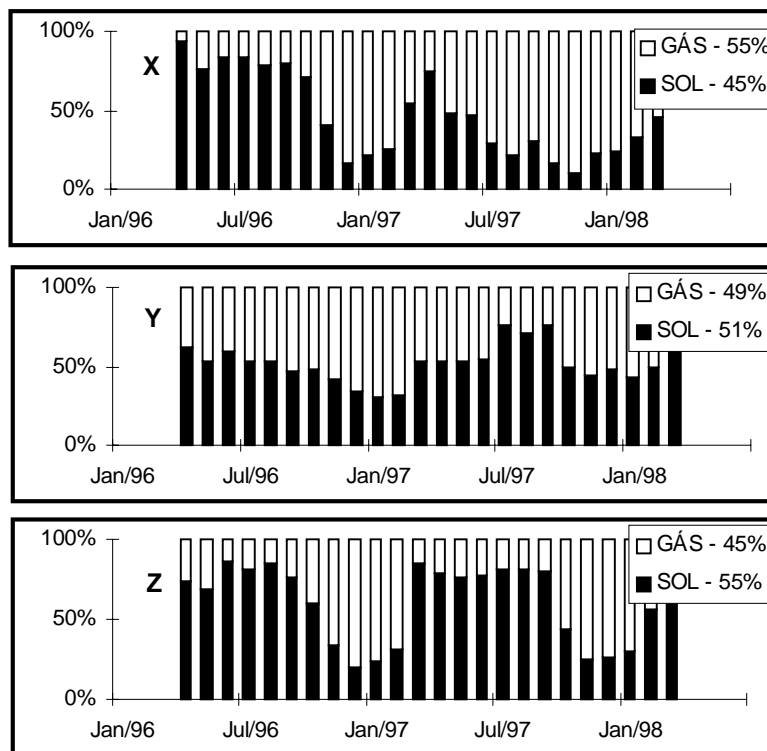


Fig. 4 - Repartição de energia para AQS

Estes dados demonstram que a percentagem de energia solar atinge cerca de 80 % no período de Verão e que no período de Inverno apenas aproximadamente 40% da energia solar contribui para o aquecimento de águas quentes sanitárias. Verifica-se também que mesmo nos meses mais quentes a temperatura da água proveniente dos depósitos solares não é suficiente para a satisfação das necessidades pois existe sempre consumo de gás que fornece o complemento de energia.

A inclinação existente dos colectores de 36°, por opção do instalador, e não de 42°, valor recomendado para Portugal, ao influenciar a energia recebida pela água também contribui para o decréscimo da contribuição solar no período de Inverno. A opção por uma inclinação superior favoreceria este período com desvantagem pouco significativa no período de Verão. O facto dos utilizadores desligarem, por sua livre vontade, a caldeira no período de Verão, para determinado tipo de utilização justifica, por si, o aquecimento excessivo da água neste período. Um outro aspecto que condiciona o conjunto de valores apresentados resulta do diagrama de consumos de água quente que se concentra na parte final do dia. Assim, a orientação dos colectores deveria ser mais para Oeste de modo a aproveitar a radiação solar nas horas mais próximas do consumo.

O esquema de monitorização implementado permite realizar medições de energia térmica recebida pela água no depósito solar - Solar, (contador B, fig.2) e a energia recebida pela água na caldeira - Caldeira, (contador A, fig.2) pela combustão do gás.

Os valores para o período referidos são indicados na tabela 2

Tabela 2 - Consumos de energia térmica (kWh)

	X		Y		Z	
	Caldeira	Solar	Caldeira	Solar	Caldeira	Solar
kWh/ano	457	578	281	482	385	799
%	44	56	37	63	33	67

A análise da tabela demonstra que para o aquecimento das águas sanitárias a contribuição da energia térmica proveniente dos colectores solares e transferida para a água sanitária ao nível do depósito solar é preponderante (cerca de 60% ) em relação à energia recebida pela água na caldeira e resultante da queima de gás.

Verifica-se que a energia térmica recebida pela água na caldeira é bastante inferior ao que lhe é fornecido pela combustão do gás, tabela 2. Esta diferença está associada a dois factores. Um deles é o coeficiente de transformação do caudal volumétrico de gás ( $m^3$ ) em energia (kWh) que tem em conta o poder calorífico do gás. A aproximação feita teve em consideração o tipo de gás comercializado e valores de poder calorífico tabelados. O segundo factor é o tipo de caldeira utilizada e a sua eficiência térmica. A permuta de calor entre a queima do gás e a recebida pela água não tem uma eficiência unitária. Acresce o facto que o tipo de utilização não é de modo algum aproximado ao de regime permanente.

## 5. CONCLUSÃO

Como síntese podem-se indicar, como relevantes, os seguintes aspectos:

Descrição de uma instalação de monitorização montada num edifício em Vila de Conde para avaliação da contribuição solar no aquecimento da água quente sanitária.

A utilização da energia solar através de painéis solares permite a diversificação de energias utilizadas.

A substituição da energia térmica proveniente da queima do gás pela utilização da energia solar reduz substancialmente o risco de contaminação do ambiente interior.

A análise da energia para aquecimento de águas quentes sanitárias evidencia a importância da contribuição solar em especial no período de Verão enquanto nos meses de menor incidência solar a contribuição é reduzida mas ainda significativa.

A eficiência das caldeiras a gás apresentaram valores inferiores aos normalmente referidos na literatura por razões de diferentes condições de funcionamento. Num caso em regime permanente e no outro por funcionamento descontínuo.

## 6. REFERÊNCIAS

- Buhning, A., Silva, P., 1999, “Heat supply in passive houses with a compact ventilation device and integrated exhaust air heat pump”, 6. th International Energy Agency Heat Pump Conference, Berlim, Alemanha.
- EN 297:1994/prA3:1996/prA5:1997, 1997, “Gas-fired central heating boiler. Type B11 and B11BS boilers, fitted with atmospheric burners of nominal heat input not exceeding 70 kW, Final report”, CEN, Brussels.

- Fernandes, E. O., Andrade, J. A., Garcês, L. P., 1997, “Potencial da energia solar em habitação social - Estudo de um caso em Vila do Conde”, VIII Congresso Ibérico de Energia Solar, Porto.
- Krezinger, A., Oliveski, R. C., Siqueira, A. M., 1998, “Um novo algoritmo para cálculo de perdas térmicas em reservatórios de água quente de sistemas solares”, 7. Th Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, Rio de Janeiro, Brasil.
- Laret, L., Palero, I., 1990, “Hot water heating systems: design of models, network simulation and validations”, Proceeding of the third International Conference of System Simulation in Buildings, Liège, Bélgica.
- Marques, M. G., Pinho, C., 1998, “The coupling between environmental impact and the second law analysis of water heaters”, 7. th Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, Rio de Janeiro, Brasil.
- Morejon, C. F. M., Hackenberg, C. M., 1998, “Simulação de sistemas termo-solares: código TRANSYS”, 7. th Brazilian Congress of Engineering and Thermal Sciences, Rio de Janeiro, Brasil.
- Plea 88, 1992, “Edifício no terreno da antiga feira do gado - Análise do comportamento térmico”, Protermia.
- Rosa Maria Pilão, R. M., 1996, “Estudo do Comportamento Térmico de Esquentadores Domésticos a Gás”, Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia do Porto.
- WHO, World Health Organization. Regional Office for Europe, 1987, “Air Quality Guidelines for Europe”. European series, nº 23 Who regional publications, Copenhagen, Dinamarca.
- Zorraquino, J. V. M., Diaz, V. J. C., Lucena, I. L., 1999, “Impacto de los aparatos de cocción a gas sobre la calidad de aire interior”, V Congresso Iberoamericano de Ar Condicionado e Refrigeração, Lisboa, Portugal.