

# SISTEMA SOLAR PARA AQUECIMENTO AMBIENTE E AQUECIMENTO DE PISCINAS – UMA SOLUÇÃO PROMISSORA PARA CLIMAS DO SUL DA EUROPA

**M. J. Carvalho, A. Neves**

INETI – Departamento de Energias Renováveis, Estrada Paço do Lumiar 22, 1649 – 038  
Lisboa, Portugal, Tel: +351 21 092 4766, Fax: +351 712 7195, mjoao.carvalho@ineti.pt

## **Resumo**

*A avaliação do sistema apresentado neste trabalho foi focada em sistemas que podem fornecer água quente, aquecimento ambiente e aquecimento de piscinas, e que são projectados para climas do Sul da Europa, especialmente para habitações uni-familiares. Pelas características climáticas do Sul da Europa, o aquecimento ambiente é apenas necessário para um curto período do ano, sendo para esta avaliação considerado um período de seis meses para aquecimento ambiente e um período de seis meses para aquecimento de piscinas.*

*Estes sistemas são actualmente utilizados por um mercado reduzido de pessoas, que estão a construir as suas casas como habitações uni-familiares e que desejam também usufruir das condições climáticas dos seus países, para o uso da energia solar. É comum que a integração de uma piscina seja também projectada e construída.*

*A avaliação apresentada foi realizada considerando como sistema de referência um sistema do tipo “kit” com uma área de colector de 4m<sup>2</sup> e um depósito de 300 l. O sistema em avaliação oferece um serviço extra – aquecimento ambiente e de piscinas e é constituído por um campo de colectores e por um depósito combinado, capaz de fornecer águas quentes sanitárias e aquecimento ambiente no período de Inverno e também aquecimento de piscinas no período de Verão. A avaliação realizada mostra que nos climas do Sul da Europa este sistema irá fornecer um serviço extra em comparação com os sistemas solares térmicos tradicionais, podendo também ser economicamente interessante.*

## **1. Introdução**

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do Projecto Europeu "NEGST – New Generation of Solar Thermal System". Um dos objectivos deste projecto é a identificação de novos conceitos de sistemas solares térmicos que irão corresponder ao desenvolvimento de uma tecnologia para o melhor desempenho deste tipo de sistemas e /ou redução de custos.

Foi realizada uma avaliação deste tipo de sistemas solares, com depósitos combinados que consigam satisfazer as necessidades de Águas Quentes Sanitárias (AQS) e de Aquecimento

Ambiente (AA) no Inverno, e também de Aquecimento de Piscinas (AP) no Verão, em climas do Sul da Europa.

A metodologia utilizada foi estabelecida no contexto do WP1 do Projecto NEGST (Voglesanger, P. e C. Wilhelms, 2006) e considera a comparação de um novo conceito, promissor, de sistemas solares térmicos, com um sistema de referência representativo do mercado actual da energia solar. O sistema em avaliação foi comparado com um sistema de referência, de maior expressão nos mercados em países do Sul da Europa – Sistemas feitos por medida.

Na secção 2. são descritos o sistema de referência e o sistema avaliado. Os resultados de simulação obtidos permitem uma comparação em termos económicos sendo os resultados apresentados na secção 3. Na secção 4. encontram-se resumidos outros aspectos da comparação efectuada, e na secção 5. são apresentadas as conclusões finais.

## 2. Descrição dos sistemas de referência e avaliado

### 2.1 Sistema de referência

O sistema de referência representa o estado de arte da tecnologia de sistemas para o aquecimento de águas sanitárias em Portugal – sistemas do tipo termossifão ou circulação forçada. A configuração do sistema é pensada para uma família de 4 pessoas e terá 4 m<sup>2</sup> de área de colector e 300 l de depósito de armazenamento.

A utilização de sistemas combinados em Portugal é ainda muito reduzida. As razões para este facto estão relacionadas com o baixo interesse económico deste tipo de sistemas, tendo em consideração o curto período de tempo em que é necessário aquecimento ambiente.

O sistema de referência tem, como primeira aplicação, o aquecimento de águas sanitárias. Os sistemas mais comuns em Portugal, para o aquecimento de águas sanitárias, são do tipo termossifão com colectores planos ou do tipo CPC e com depósitos horizontais (ver Fig. 1). Os sistemas de circulação forçada podem também ser utilizados, não sendo contudo tão comuns para este tipo de aplicação - casas uni-familiares, tipicamente com 4 pessoas. O custo do sistema considerado, sem instalação, foi 2800 € para um sistema de 4 m<sup>2</sup> de área de colector e 300 l de depósito de armazenamento.

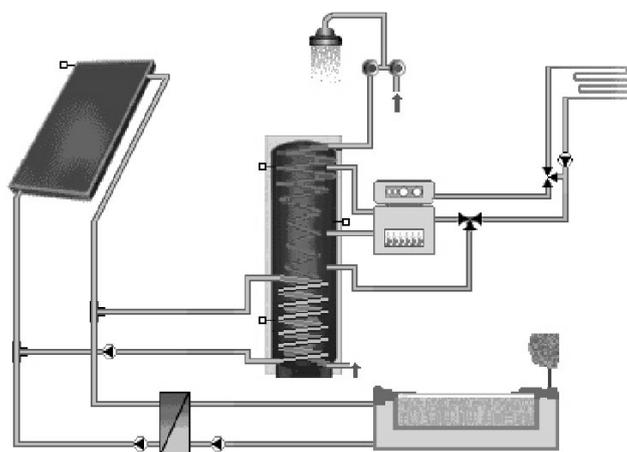


**Figura 1 - Esquema hidráulico do sistema de referência e apresentação de alguns sistemas habitualmente utilizados em Portugal.**

## 2.1 Sistema avaliado

O sistema em avaliação tem como primeira utilização a preparação de águas quentes sanitárias e aquecimento ambiente (sistema combinado) durante o período de Inverno (seis meses - Outubro a Março) e como utilização secundária, o aquecimento de piscinas no período do Verão (seis meses – Abril a Setembro). O sistema é formado por um campo de colectores e um depósito combinado (Weiss, W. (ed.), 2003). O sistema de apoio considerado é um depósito de gás natural ou propano. O sistema de apoio é apenas considerado para a preparação de águas quentes sanitárias e aquecimento ambiente. Não é considerado apoio para o aquecimento de piscinas. O aquecimento de piscinas é conseguido utilizando um permutador de calor extra no circuito primário (entre os colectores e o depósito).

Uma representação esquemática do sistema é dada na Fig. 2, tendo sido obtida do programa de simulação utilizado para a avaliação teórica do sistema – Tsol (Valentin, G., 2002).



**Figura 2 - Sistema solar térmico em avaliação. Representação esquemática – TSol (Valentin, G., 2002)**

O coletor considerado é um coletor plano, com os seguintes parâmetros de rendimento:  $\eta_0 = 0,78$ ;  $a_1 = 3,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ;  $a_2 = 0,03 \text{ W/m}^2 \text{ K}^2$ . A área de colectores considerada foi  $10 \text{ m}^2$ . Foram ainda consideradas outras áreas de coletor encontrando-se os resultados das simulações efectuadas em Carvalho, M.J. e A.Neves (2005).

O depósito combinado considerado foi seleccionado da base de dados do programa TSol (1200 l, ver Fig.2). Este sistema considera apenas a preparação de águas quentes sanitárias e o aquecimento ambiente, semelhante ao sistema número 4 de W. Weiss (Ed.) (2003). A este sistema foi incluído um permutador de calor externo para o aquecimento de piscinas.

O sistema para Aquecimento Ambiente (AA) considerado, consiste num circuito de aquecimento ambiente a baixas temperaturas - por piso radiante. Esta tecnologia é bem adaptada à utilização de sistemas solares devido à baixa temperatura de retorno, quando comparada com radiadores de aquecimento ambiente que necessitam de temperaturas mais elevadas e que têm também temperaturas de retorno superiores.

O sistema considerado introduz a possibilidade de utilizar energia solar para o aquecimento ambiente e também de aproveitar a energia excedente no Verão, para o Aquecimento de Piscinas (AP). Oferece um serviço extra quando comparado com o sistema de referência e a análise de custos mostra ser economicamente viável, desde que o aquecimento de água de

piscina seja valorizado de forma idêntica ao aquecimento de água sanitária e ao aquecimento ambiente.

### 3. Comparação entre o sistema de referência e o sistema avaliado

De contactos estabelecidos com empresas que já instalaram sistemas semelhantes em Portugal, foi possível determinar um preço médio de 700 €/m<sup>2</sup> para este tipo de sistemas, se apenas se considerar a parte solar (colectores, depósito e sistema de controlo). Este custo corresponde também ao custo específico do sistema de referência.

O sistema avaliado irá corresponder a um custo total mais elevado pelo facto de ser constituído por uma área de colectores superior e por um depósito de armazenamento de maior dimensão.

#### 3.1. Ganhos energéticos

Quando comparado com o sistema de referência, o sistema avaliado apresenta claramente um valor de desempenho superior (ganhos energéticos superiores), uma vez que o sistema em avaliação irá permitir a utilização adicional de energia solar para aquecimento ambiente e de piscinas, aumentando deste modo os ganhos energéticos.

No quadro 1 encontram-se os valores obtidos de ganhos energéticos para o sistema de referência e para o sistema em avaliação para duas localidades em Portugal – Porto e Lisboa.

Quadro 1- Ganhos energéticos

	Energia fornecida anualmente (kWh/ano)			
	Sistema de referência AQS (4m <sup>2</sup> /300 l)	AQS+AA (10m <sup>2</sup> /1200l)	Sistema avaliado AQS+AA+AP (T <sub>Piscina,max</sub> =32°C) (10m <sup>2</sup> /1200l)	Sistema avaliado AQS+AA+AP (T <sub>Piscinas,max</sub> =26°C) (10m <sup>2</sup> /1200l)
Porto	2822	5013	6379	5661
Lisboa	2941	4966	6674	5080

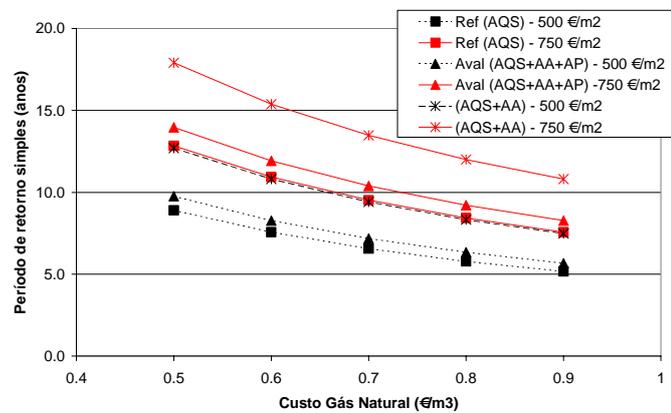
O consumo energético para o aquecimento ambiente foi estimado tendo em consideração as condições a serem impostas num edifício em Portugal, segundo os novos regulamentos. A área de piso radiante considerada é 150 m<sup>2</sup>. A área de janela é 4,5% da área de piso na fachada virada a Norte e 10,4% na fachada virada a Sul, de acordo com H. Gonçalves *et al.* (2004). Foi considerada uma temperatura ambiente de 20°C constante ao longo do dia no interior do edifício, mesmo no período nocturno. A temperatura exterior de projecto foi considerada 4°C para Lisboa e 1°C para o Porto. Estes valores correspondem a uma necessidade anual de aquecimento ambiente de 9,38 MWh para Lisboa e 12,46 MWh para o Porto.

A área de piscina é 32 m<sup>2</sup> tendo sido considerada uma temperatura de 24°C, com um máximo de temperatura permitida de 26°C ou 32°C. Foi também considerado o uso de uma cobertura para a piscina no período da noite.

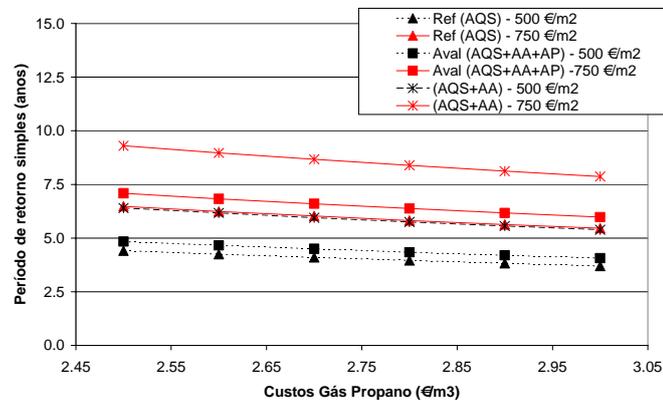
### 3.2. Avaliação económica

Para o estudo apresentado foi elaborada uma análise do período de retorno do investimento para o sistema de referência e para o sistema avaliado considerando como apoio uma caldeira alimentada com gás natural ou com gás propano. Foram ainda considerados dois valores para o custo do sistema – 500 €/m<sup>2</sup> e 750 €/m<sup>2</sup>. O valor mais baixo corresponde ao objectivo de um custo mais reduzido para os sistemas solares térmicos num futuro mercado mais alargado.

Os resultados obtidos para Lisboa encontram-se representados na Fig.3 e mostram que o período de retorno do sistema de avaliação é semelhante ao do sistema de referência, desde que o aquecimento da água da piscina seja valorizado de forma idêntica ao aquecimento de água sanitária e ao aquecimento ambiente. Na Fig. 3 a temperatura máxima estabelecida para a piscina é 32°C.



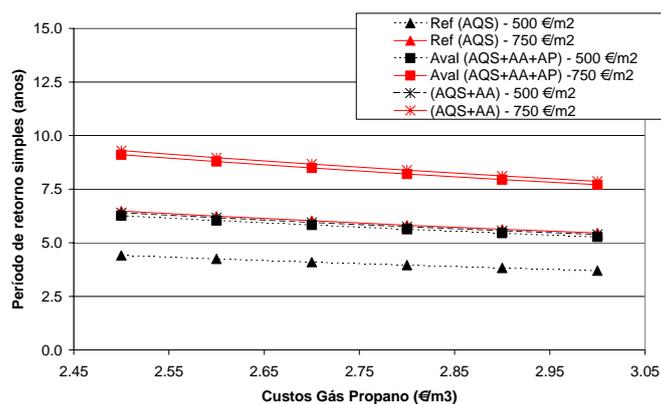
a) Gás natural



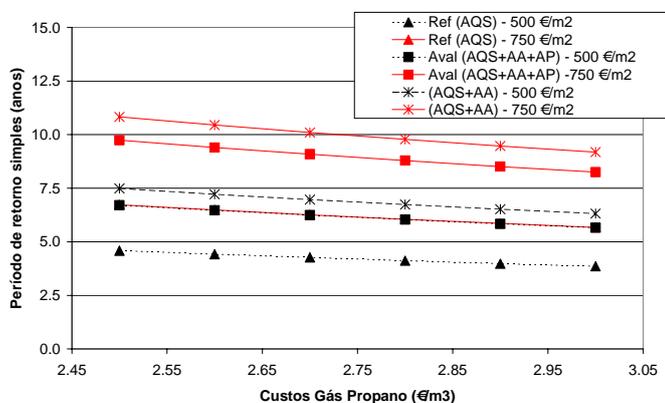
b) Gás propano

**Fig. 3 - Período de retorno simples função dos custos do sistema de referência (ref) e avaliado (aval), considerando  $T_{\text{piscina,max}}=32^{\circ}\text{C}$ . Cálculo para Lisboa.**

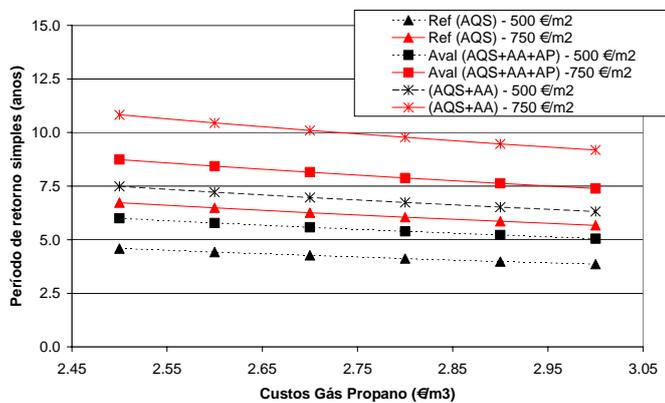
Se se considerar um valor inferior para a temperatura máxima da piscina, e.g., 26°C, o período de retorno é superior para o sistema em avaliação em comparação com o sistema de referência, como pode ser observado na Fig.4. Neste caso é aproximadamente igual a um sistema que forneça apenas água quente sanitária e aquecimento ambiente.



**Fig. 4 - Período de retorno simples função dos custos do sistema de referência (ref) e avaliado (aval) utilizando gás propano, considerando  $T_{Piscina,max}=26^{\circ}C$ . Cálculo para Lisboa.**



a)  $T_{Piscina,max}=26^{\circ}C$



b)  $T_{Piscina,max}=32^{\circ}C$

**Fig. 5 - Período de retorno simples função dos custos do sistema de referência (ref) e avaliado (aval) utilizando gás propano, considerando  $T_{Piscina,max}=32^{\circ}C$ . Cálculo para Porto.**

Para a cidade do Porto o limite máximo para a temperatura da piscina não irá ter uma influência tão forte no período de retorno como se verifica em Lisboa, como se pode ver comparando a Fig.3 b) e a Fig.4 para Lisboa com a Fig. 5 a) e b) para o Porto.

#### 4. Outros aspectos de comparação

Outros aspectos adicionais foram analisados na comparação dos sistemas de referência e avaliado.

Os aspectos analisados estão relacionados com os custos do sistema para a Instalação e Manutenção. Foi considerado que o novo conceito de sistema avaliado corresponde a um aumento do custo na instalação pelo facto de corresponder a uma maior área de colectores, no entanto, apenas os colectores irão necessitar de instalação no telhado ou em terraço, sendo o depósito de armazenamento instalado no interior da casa e não no telhado. O custo da instalação será inferior se a decisão de se instalar um sistema deste tipo for tomada antes da construção da casa.

Foi também considerado não serem previsíveis custos adicionais para a manutenção do sistema tal como nos sistemas de termossifão tradicionais. A utilização de um dispositivo de controlo com alarmes apropriados, pode ajudar o consumidor a detectar anomalias e rapidamente contactar a assistência técnica oferecida pelo instalador num contrato de manutenção.

Os benefícios adicionais do sistema avaliado são:

**serviço extra:** o sistema oferece aquecimento ambiente e de piscinas.

**estética:** o sistema em avaliação não terá o depósito no telhado ao contrário dos sistemas em termossifão comuns. Este aspecto pode constituir uma vantagem estética importante, especialmente se a decisão de se instalar um sistema deste tipo for tomada antes da construção da casa e for conseguida uma instalação dos colectores com boa integração do ponto de vista arquitectónico.

**marketing dos sistemas solares térmicos:** é também possível dizer-se que o sistema em avaliação abre um pequeno mercado que corresponde principalmente a casas uni-familiares, especialmente se estiver a ser projectado para uma casa em fase de construção. A utilização deste tipo de sistemas pode também ser pensada para uma casa de habitação secundária (casa de férias) ou habitações de turismo. Este sistema irá contribuir para que se passe a considerar a utilização de sistemas solares térmicos para aquecimento ambiente, uma vez que resolve o problema do não aproveitamento da energia excedente no verão.

Este tipo de sistemas, irá também preparar o mercado para a utilização de sistemas de ar condicionado assistidos por sistemas solares, que podem vir a estar disponíveis no mercado num médio prazo, e que irão cobrir um serviço extra adicional – arrefecimento ambiente no verão.

#### 5. Conclusões finais

Foi possível mostrar que, quando comparado com um sistema de referência que forneça apenas água quente sanitária, um sistema que possa fornecer água quente sanitária (AQS) e aquecimento ambiente (AA), no período de Inverno, e também aquecimento de piscinas (AP), no período de verão, mostra bons resultados em termos de energia fornecida e em termos económicos, considerando um período de retorno simples.

O sistema avaliado mostra como principal benefício adicional um serviço extra – Aquecimento Ambiente e Aquecimento de Piscinas e também outros benefícios adicionais

como sejam uma boa contribuição para aspectos estéticos mais atractivos na instalação de sistemas solares térmicos e a criação de um pequeno mercado que poderá ser alargado quando os Sistemas de Ar Condicionado Assistidos por Solar estiverem disponíveis para este tipo de consumidores – casas uni-familiares.

De realçar dois aspectos principalmente relacionados com algum grau de incerteza na avaliação efectuada. Um está relacionado com a dificuldade em determinar preços no mercado actual, deste tipo de solução, uma vez que apenas poucos instaladores comercializam este tipo de sistemas. O outro aspecto está associado à utilização do programa de simulação TSol. O programa utiliza ferramentas para gerar dados climáticos - dados de radiação e temperatura ambiente – que podem não estar completamente adaptados aos climas do Sul da Europa. No entanto, esta incerteza não irá impor diferenças na comparação com o sistema de referência que foi igualmente simulado com o programa.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a informação recebida acerca de sistemas combinados, já instalados em Portugal, ao Eng.º João Oliveira (Ao Sol) e ao Eng.º Rafael Ribas (Vajra). Os autores também agradecem à Mestre Susana Camelo pela ajuda na definição dos parâmetros de consumo para o aquecimento ambiente em Portugal.

Os autores gostariam também de agradecer a Dagmar Jähnig e a Claudius Wilhelms revisores do trabalho realizado no âmbito do WP1 do projecto NEGST - WP1.E9.

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do Projecto Europeu “NEGST – New Generation of Solar Thermal Systems”, financiado pela Comissão Europeia DGTREN inserida no 6ºPQ.

### **Referências**

Carvalho, M.J. and Neves, A. (2005), Report of detailed performance and cost analysis results for the Evaluation of Promising System – Combisystem – Southern Europe

Carvalho, M.J. e Neves, A. (2006), WP1.E9 / Theoretical evaluation of promising system: Combisystem with pool heating in Southern European Climate, available for download in [www.swt-technologie.de/html/negst.html](http://www.swt-technologie.de/html/negst.html)

Gonçalves, H. et al. (2004), Ambiente construído. Clima urbano. Utilização racional de energia nos edifícios da cidade de Lisboa. Published in Portuguese by INETI

NEGST Project web site – [www.swt-technologie.de/html/negst.html](http://www.swt-technologie.de/html/negst.html)

Simulation Software: TSol Pro4.03 – Simulation programme for solar thermal heating systems, Valentin, G. (2002)

Vogelsanger, P. and C. Wilhelms (2006), WP1.D2 / Report about theoretical system evaluation, available for download in [www.swt-technologie.de/html/negst.html](http://www.swt-technologie.de/html/negst.html)

W.Weiss (editor) (2003), Solar heating systems for houses – a design handbook for solar combisystems. James and James (Science Publishers) Ltd, London