

# Caracterização Energética e Segurança na Utilização de Recuperadores de Calor para Lareiras

Nelson Sousa, Manuel C. Nunes

*EST–ADEM Campus da Penha 8005 – 139 Faro.  
289 800 124 ext: 6531, 6515 [nsousa@ualg.pt](mailto:nsousa@ualg.pt), [mnunes@ualg.pt](mailto:mnunes@ualg.pt)*

**Resumo** – Os recuperadores de calor para lareiras são dispositivos de aquecimento doméstico cuja utilização está em expansão. A sua correcta utilização, quer no que respeita à segurança quer ao desempenho energético requer a caracterização destes equipamentos. Desta necessidade nasceu o projecto RECUPERA realizado em parceria entre a EST–ADEM da Universidade do Algarve e a empresa Vale–Montanha L.da., fabricante destes equipamentos.

Foram realizados ensaios segundo a norma europeia em vigor EN 13299:2001 dos quais se obteve a distribuição de temperaturas nos recuperadores e envolvente, potência média, carga de lenha recomendada, emissões de CO e rendimento térmico.

O presente artigo tem por objectivo apresentar os resultados obtidos nos ensaios, descrevendo a metodologia seguida e comparando os custos de operação entre vários equipamentos de aquecimento doméstico alternativos.

**1. Introdução** - A utilização da lenha para aquecimento doméstico é milenar e os processos de conversão energética têm evoluído, desde simples fogueiras, passando por lareiras abertas, até aos actuais recuperadores de calor a lenha para lareiras.

A lareira equipada com recuperador de calor utiliza biomassa, combustível potencialmente renovável, contribui para a diminuição da importação de energia e vai ao encontro do publicado no documento “The share of renewable energy in EU” [1], que indica que um dos objectivos a atingir a nível da União Europeia é o melhor aproveitamento da biomassa, o qual tem sido descurado face às restantes energias renováveis.

Um recuperador de calor é um dispositivo que, inserido numa lareira, funciona como fonte de calor através da queima de combustível (e.g. lenha), para aquecimento ambiente. A utilização deste tipo de equipamento apresenta algumas vantagens relativamente às lareiras abertas. O rendimento é superior permitindo um menor consumo de lenha. Maior conforto e segurança na sua utilização dado a combustão ocorrer num espaço fechado evitando a saída de fagulhas e fumo para o espaço habitacional.

Dadas as vantagens da utilização dos recuperadores de calor para lareiras e atendendo que são equipamentos de conversão térmica, torna-se necessário caracterizá-los quanto à segurança na sua utilização e quanto ao seu desempenho energético. Para atingir estes objectivos foi realizado um estudo de parceria entre a EST/ADEM da Universidade do Algarve e a empresa Vale–Montanha L.da., fabricante destes equipamentos. Este projecto contemplou a implementação de um laboratório, desenvolvimento de software e ensaios a sete recuperadores de calor para lareiras [2] segundo a norma europeia EN13299:2001 [3].

Como resultados, obteve-se a distribuição de temperaturas nos equipamentos e envolvente, potência média, carga recomendada de lenha, emissões médias de CO e rendimento. Em função destas duas últimas características foi atribuída uma classificação segundo a norma em vigor.

Por fim foi realizado um estudo comparativo do custo de conversão energética entre as soluções de aquecimento doméstico mais comuns no qual se engloba o recuperador de calor para lareiras operando a lenha.

**2.Desenvolvimento Experimental** – O projecto e implementação do laboratório foram realizados segundo a norma europeia EN13299:2001 “Inset appliance including open fires fired by solid fuels”. Esta norma especifica não só os requisitos relacionados com o projecto, fabrico dos recuperadores de calor para lareiras, mas também detalha a metodologia de ensaio e os instrumentos de ensaio a utilizar no laboratório.

## Equipamento

O laboratório consiste num banco de ensaios que é composto pelos seguintes componentes: O triedro, a chaminé e os instrumentos de medida.

O triedro consiste numa estrutura formada por três faces de cor negra perpendiculares entre si. A base, na qual é colocado o recuperador, uma face lateral e uma face posterior. As faces são construídas em contraplacado e isoladas com aglomerado negro de cortiça. A finalidade do triedro é registar as temperaturas na vizinhança do recuperador. Para tal foram instalados 279 termopares nas três faces do triedro separados entre si por 10 cm de distância. O triedro está colocado sobre uma balança de forma a registar o consumo contínuo de lenha durante o ensaio.

A chaminé é construída em dois tubos concêntricos de aço inox como uma espessura de isolamento (lã de rocha) de 4 cm. A chaminé é instrumentalizada com uma sonda de gases, um termopar e um tubo de pitot com sondas de pressão estática e dinâmica.

Além dos termopares no triedro e na chaminé existe um termopar para leitura da temperatura ambiente e outros instalados no recuperadores em teste, nomeadamente nas saídas de ar e nos componentes eléctricos caso existam. Os termopares são ligados a um data-logger com 288 canais e é realizada a aquisição dos dados com um intervalo de 1 minuto.

O data-logger, balança, analisador de gases, pressão e velocidade são digitais e encontram-se ligados a computadores que efectuam a recolha dos dados.

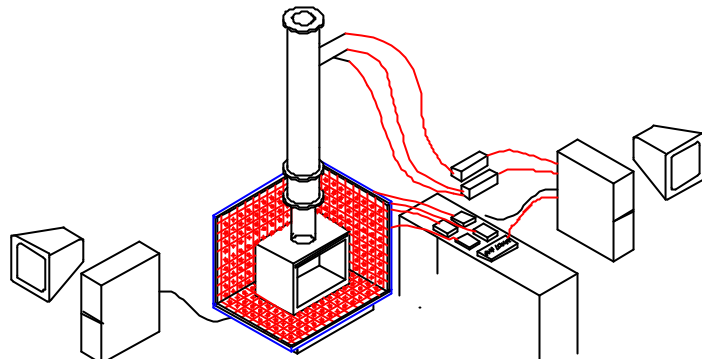


Figura 1 - Esquema do laboratório

### Metodologia de ensaio

Os ensaios efectuados contemplaram 4 períodos: acendimento, pré-teste e dois testes. Os dois períodos iniciais permitem a entrada em funcionamento nominal do recuperador adequando-o à realização dos testes seguintes.

A duração dos testes, que equivale ao tempo de realimentação, é definida pela duração da queima da lenha. Um teste termina quando a massa de lenha for igual à massa de lenha no fim do período anterior com uma tolerância de  $\pm 50$  gramas.

A massa de lenha a introduzir em cada teste é calculada pela norma do ensaio.

Como combustível foi utilizada lenha de azinho com um Poder Calorífico Inferior de 16781 kJ/kg e uma humidade de 6.26%.

**3. Resultados** – Os ensaios realizados determinaram a distribuição de temperaturas nos equipamentos e na vizinhança dos mesmos, a emissão de CO e o desempenho energético dos recuperadores testados.

Observou-se que as temperaturas máximas na vizinhança do recuperador ocorrem na parte frontal, ou na base desde caso se trate, respectivamente, de um recuperador com ou sem ventilação forçada. Nestes últimos, verifica-se que as temperaturas máximas nos componentes eléctricos (tabela 1) são inferiores aos máximos estipulados [2]

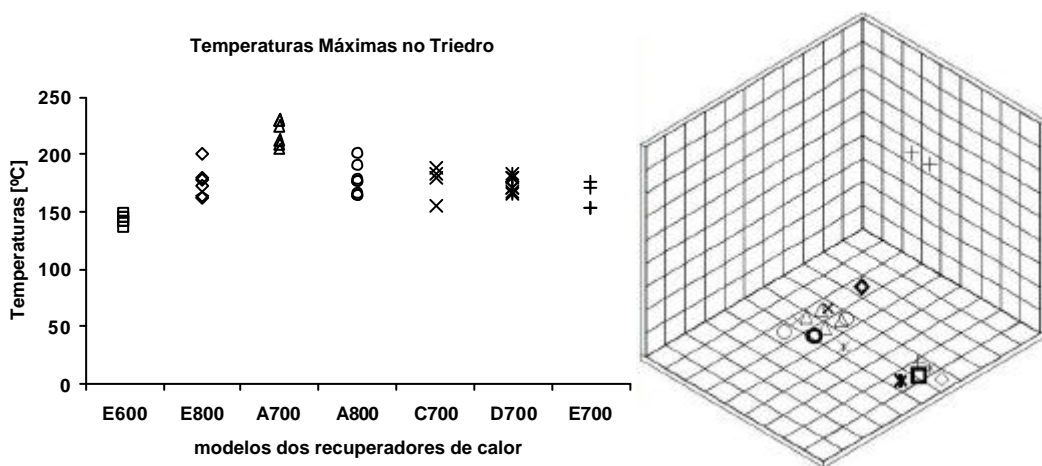


Figura 2 - Distribuição de temperaturas na envolvente

A potência do recuperador de calor para lareiras é determinada pela seguinte expressão:

$$P = \eta B H_u / 360000 \quad (1)$$

sendo  $B$  o consumo horário de lenha em kg/h,  $H_u$  o poder calorífico inferior da lenha em kJ/kg e  $\eta$  o rendimento do recuperador dado por:

$$\eta = 100 - q_a - q_b - q_r \quad (2)$$

com,  $q_a = 100 - Q_a / H_u$ , percentagem das perdas de calor nos gases de escape (3)

$q_b = 100 - Q_b / H_u$ , percentagem das perdas químicas nos gases de escape (4)

$q_r = 0,5$ , percentagem das perdas pelos não queimados da lenha (5)

As perdas, em kJ por kg de lenha, nos gases de escape toma a expressão:

$$Q_a = \eta_a (t_a - t_r) C_{pm,d} + C_r / 0,536 (CO + CO_2) + C_{pm,H_2O} + 1,92 H + W / 100 \quad (6)$$

- sendo:  $t_a$ : temperatura dos gases de escape na chaminé em °C
- $t_r$ : temperatura ambiente em °C
- $C_{pm,d}$ : Calor específico dos gases de escape secos em kJ/K m<sup>3</sup>
- $C_{pm,H_2O}$ : Calor específico do vapor de água em kJ/K m<sup>3</sup>
- $C$ : percentagem mássica de carbono na lenha na base húmida
- $H$ : percentagem mássica de hidrogénio na lenha na base húmida
- $W$ : percentagem mássica de humidade na lenha
- $C_r$ : percentagem mássica de carbono não queimado nas cinzas. Para a lenha toma 0.25 %
- $CO_2$ : percentagem volúmica de dióxido de carbono nos gases de escape na base seca
- $CO$ : percentagem volúmica de monóxido de carbono nos gases de escape na base seca

As perdas químicas resultantes pela combustão incompleta da lenha é dada por:

$$Q_b = 12644 (CO + CO_2) + C_r / 0,536 (CO_2 + CO) / 100 \quad (7)$$

Foram efectuados vários testes a cada um dos sete recuperadores. As potências obtidas estão ilustradas na figura 3 abaixo apresentada.

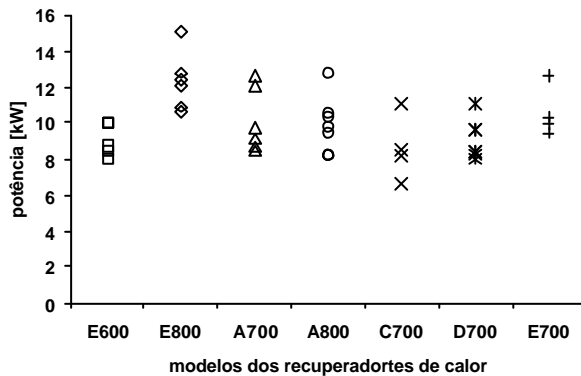


Figura 3 - Potências térmicas dos recuperadores

A heterogeneidade observada na combustão leva a que a duração dos testes variem. Isto conduz à dispersão dos valores da potência para cada recuperador, como se pode observar na figura 3. Em média, o desvio padrão nos ensaios realizados foi de 1,5 kW. Prevendo esta situação a norma EN13299:2001 dita que os testes são válidos se não se afastarem mais de 10 % do valor médio da potência. Após validados os testes é realizada uma nova média e obtidas as características para os recuperadores de calor.

Em função do rendimento obtido a norma do ensaio estabelece uma classificação. Classe 1 para os equipamentos cujo rendimento é superior ou igual a 70 %, classe 2 para os equipamentos cujo rendimento se encontra entre 70 e 60 %, classe 3 para os equipamentos cujo rendimento se encontra entre 60 e 50 % e classe 4 para equipamentos com rendimento entre 50 e 30 %. Dependendo das emissões de CO, a norma estabelece como classe 1 equipamentos cujas emissões sejam inferiores ou igual a 0,3 % e classe 2 para emissões entre 0.3 e 1.0 %.

Depois de caracterizado o recuperador a carga recomenda de lenha,  $B_{fl}$ , é dada por:

$$B_{fl} = 360000 \cdot P \cdot t_b / H_u \quad (8)$$

sendo  $t_b$  o tempo de realimentação.

Na tabela abaixo é apresentado o resumo das principais características para os recuperadores de calor ensaiados.

Tabela 1 – Características dos recuperadores de calor ensaiados

	Potência [kW]	Rendimento (CLASSE)	Emissões de CO [% volume] (CLASSE)	Carga recomendada de lenha [kg]	Duração teste [hh:mm]	Temperatura máxima envolvente [°C]	Temperatura máxima comp. eléct. [°C]
E600	9,5	71 (1)	0,42 (2)	4,7	1:38	147,7	74,3
E700	10,2	69 (2)	0,30 (1)	5,2	1:38	170,5	114,9
E800	12,4	65 (2)	0,35 (2)	6,2	1:30	172,1	133,5
A700	9,4	62 (2)	0,29 (1)	4,6	1:24	230,8	*
A800	10,0	56 (3)	0,32 (2)	6,3	1:38	199,5	*
C700	8,3	60 (2)	0,33 (2)	5,5	1:49	188,3	*
D700	8,8	66 (2)	0,40 (2)	4,6	1:35	183,2	*

\* Modelos de recuperadores de calor para lareiras sem componentes eléctricos

### Comparação de equipamentos de aquecimento doméstico

A valorização da aplicação dos recuperadores de calor para lareiras deve contemplar uma comparação económica entre vários equipamentos. Desta forma, considerando valores típicos para as características dos equipamentos de aquecimento doméstico, foi realizada uma comparação sumária ao custo de operação entre várias soluções utilizadas. Os resultados são apresentados na figura 4.

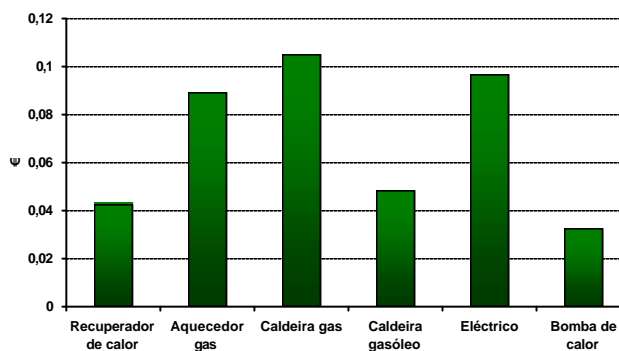


Figura 4 - Custo comparativo de operação de diferentes equipamentos

**4. Conclusões e discussão de resultados** – Os resultados obtidos com este projecto permitiram caracterizar de uma forma detalhada a segurança e o desempenho energético de recuperadores de calor para lareiras. Desta forma pode-se tomar os devidos procedimentos de segurança, operação e escolha destes equipamentos em função dos objectivos energéticos desejados.

A distribuição de temperaturas verificada recomenda que não se coloquem materiais inflamáveis na proximidade dos recuperadores de calor, principalmente na parte frontal deste.

A caracterização energética deste tipo de equipamentos apresenta algumas dificuldades resultantes da queima não uniforme da lenha. Dependendo da duração da queima, são obtidos valores díspares na caracterização dos recuperadores. Isto obriga à realização de vários ensaios de forma a obter testes válidos. Constatou-se que os recuperadores mais eficientes são os que apresentam ventilação forçada. Quanto à emissão de CO, a ventilação forçada não revela grande influência.

Comparando com outras forma de aquecimento doméstico verifica-se que a utilização do recuperador de calor para lareiras é uma das soluções mais económicas.

### 5. Agradecimentos

Este projecto foi co-financiado pelo programa InovAlgarve (Programa Regional de Acções Inovadoras na região do Algarve) com o apoio do FEDER.

### 6. Referências

- [1] Commission of the European Communities, "The share of renewable energy in the EU", Brussels, 26.5.2004.
- [2] www.fogo-montanha.com
- [3] EN13229:2001, "Inset appliances including open fires fired by solid fuels, requirements and test methods".