

# Estudo das propriedades térmicas de materiais aplicados em paredes divisórias leves

J. Velosa<sup>1,a</sup>, R. Figueiro<sup>1,b</sup>, P. Mendonça<sup>2,c</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciência e Tecnologia Têxtil, Universidade do Minho, Portugal

4800-058 Guimarães, Portugal

<sup>2</sup>Centro do território, ambiente e construção Universidade do Minho, Portugal

4800-058 Guimarães, Portugal

<sup>1,a</sup>:joao.velosa@netcabo.pt, <sup>1,b</sup>:rfang@det.uminho.pt, <sup>2,c</sup>:mendonca@arquitectura.uminho.pt

Conference Topic - CT 14 - Materials

## Resumo

Para o presente estudo das propriedades térmicas de paredes divisórias leves foi considerada uma parede composta por isolamento (como núcleo) e membranas (como revestimento). Avaliou-se comparativamente o desempenho térmico dos materiais de isolamento aplicados a paredes divisórias: poliestireno expandido (EPS), espuma de poliuretano (PU), estruturas tridimensionais do tipo sandwich em poliéster (3DWK), aglomerados de coco (CKE), fibra de coco (CKF), lã de rocha (RW), fibra reciclados (WF), fibras de sisal (SF), fibras de poliéster (PESF).

O objectivo deste estudo é comparar o desempenho térmico dos materiais de isolamento à base de polímeros ou fibras têxteis com os valores de referência das paredes divisórias leves convencionais, produzidas com painéis de gesso cartonado e isolamento em lã de rocha.

As conclusões do trabalho permitem quantificar as principais vantagens e desvantagens dos diferentes isolamentos no que diz respeito ao desempenho térmico de divisórias.

Key Words: paredes divisórias leves, Isolamento térmico, condutibilidade térmica, resistência térmica, absorção térmica, fluxo de calor.

## 1 Introdução

A constante evolução e mutação dos estilos de vida e dos agregados familiares têm levado a um reequacionar dos modos de habitar e à crescente necessidade de propor habitações mais evolutivas e adaptáveis (1). Verifica-se que grande parte das habitações existentes não cumpre satisfatoriamente esse desígnio. Tal deve-se às características das soluções construtivas utilizadas nas divisórias interiores de tijolo furado - pesadas e estáticas. Este problema revela-se importante quando se trata de reabilitar edifícios existentes, mas também quando se concebem novos edifícios - sabendo que no futuro a necessidade de reorganizar o espaço interior se colocará com a mesma dificuldade que agora.

A crescente necessidade de economizar recursos materiais e energéticos, aliada à preocupação pelas questões ambientais e incerteza na evolução da economia, induz a abordagens minimalistas na Arquitectura e Engenharia, sugerindo a redução à mínima expressão necessária dos elementos construtivos. Estas abordagens, por alguns autores chamadas de "Light-tech" (2) e "Eco-tech" (3), apostam na introdução de soluções mais eficientes do ponto de vista mecânico e funcional. Mas nem sempre uma optimização mecânica corresponde a uma optimização funcional - a redução do peso traduz-se geralmente em problemas funcionais. Um edifício com divisórias interiores leves, pode ser problemático do ponto de vista do conforto, dada a insuficiente inércia térmica e isolamento acústico,

devidos à reduzida massa, mas se estes problemas forem solucionados, podem ser soluções interessantes do ponto de vista da sustentabilidade (4). As fibras têxteis e os materiais tem sido usadas no desenvolvimento de compósitos com reforço fibroso, flexíveis e leves, que não conseguiram ainda implementar-se de forma significativa na construção civil, ou, pelo menos, esta não tem sido efectuada com aproveitamento de todas as potencialidades. As razões para isto suceder têm a ver com: custos dos produtos - dada a pouca durabilidade e penetração no mercado a que estão associados, alguma resistência cultural das soluções inovadoras face às convencionais e, o que é mais significativo, o problema do deficiente desempenho térmico e acústico associado aos painéis leves em habitação (5).

Uma parede de divisória interior é composta essencialmente por uma estrutura de suporte interior à qual são fixos os painéis de revestimento exteriores Quadro 1(a). A estrutura interior é composta de perfis metálicos em chapa de aço galvanizado enformada a frio. Geralmente é constituída por perfis colocados na vertical e fixos a duas travessas horizontais presas ao pavimento e ao tecto. As placas de gesso cartonado são fixas a estes perfis com parafusos próprios, formando a parede divisória interior. Pelo interior da estrutura e apoiados nos perfis verticais, passam todas as tubagens necessárias, podendo ainda ser aplicado um material isolante térmico ou acústico. Os painéis de 13 mm considerados neste caso de estudo têm um peso específico de  $10\text{kg/m}^2$ . O coeficiente de expansão térmica deste tipo de paredes é  $0,6\text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ .

O presente trabalho insere-se num cenário de evolução da tecnologia construtiva dita tradicional de execução das divisórias interiores de edifícios, em alvenaria, para soluções leves, integrando materiais isolantes térmicos e acústicos no seu interior, sendo que a solução de referência deste tipo com maior implementação no mercado português é a já descrita em placas de gesso cartonado com isolamento em lã de rocha. Tendo como principal objectivo o desenvolvimento de um novo material com utilização de reforços fibrosos inovadores, como estruturas têxteis 3D ou DOS, com alguma porosidade para garantir além do isolamento térmico e inércia higroscópica, absorção acústica.

Tal como referido anteriormente a solução leve tradicional utiliza gesso cartonado, mas podem igualmente ser usados painéis de fibrocimento, aglomerado de madeira e cimento, entre outros. Para uma análise comparativa, a solução apresentada - Solução de referência (LRS) - será tomada como referência e comparada com uma tecnologia de membrana conceptual proposta leve, em sanduíche com núcleo de material isolante Quadro 1 (b).

Quadro 1- Soluções construtivas consideradas no presente estudo

Referência	Proposta
<p>a) Solução de referência leve (LRS)</p>	<p>(b) Solução sem caixa-de-ar</p>

## 2 Procedimento experimental

### 2.1 Materiais

Os materiais considerados e as respectivas massas volúmicas, neste trabalho encontram-se apresentados na Quadro 1. Neste quadro são apresentados, o material de referência (lã de rocha, fibras, e aglomerados de cortiça.

Quadro 1 - Materiais utilizados nos experimentos realizados

	Sigla	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Espessura (mm)
Lã de Rocha	WR	29,20	8, 17, 34
Fibras de coco	CCF	25,50	17, 20, 32, 38
Fibras de poliéster	PESF	86,30	10, 13, 19, 66
Aglomerado de cortiça	CKE	200,72	4, 9, 32

A composição dos materiais fibrosos compostos por mais do que uma fibra é apresentada no Quadro 2. As estruturas têxteis destes materiais são não tecidos.

Quadro 2 - Materiais poliméricos em forma de espuma

	Sigla	Composição	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Espessura (mm)
Estruturas tridimensionais do tipo sandwich em poliéster	3DWK	100% de poliéster	81,99	8, 15, 22
Fibras recicladas	WF	25% de polipropileno	98,00	30, 60
		40% de acrílico		
		10% de algodão		
		15% de poliéster		
Fibras de coco com polipropileno	CCF + PP	50% de coco	111,00	11, 20, 40
		50% de polipropileno		
Fibras de Polipropileno com poliéster	PESF + PP	50% de Polipropileno	85,00	4, 16, 12
		25% de poliéster		
		15% de polipropileno		
Fibras de sisal com polipropileno	FS + PP	50% de sisal	138,00	6, 20, 24
		50% de polipropileno		
Fibras de sisal com poliéster	FS + PES	50% de sisal	62,18	13, 27, 37
		50% de poliéster		

As espumas consideradas e as respectivas massas volúmicas, neste trabalho encontram-se apresentados na Quadro 3.

Quadro 3 - Composição dos materiais fibrosos compostos

	Sigla	Composição	$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	Espessura (mm)
Poliestireno expandido	EPS 1		37,77	14, 24, 38
Poliestireno expandido	EPS 2		24,60	6, 12, 18
Espumam de poliuretano	PU 23 F AM		23,00	20, 34, 42
Espumam de poliuretano	PU 26 FPA		26,00	15, 32
Espumam de poliuretano	PU 30 F PR		30,00	19, 37
Espumam de poliuretano	PU 40 G CA		40,00	20, 34
Espumam de poliuretano	PU 40 E BR		40,00	21, 39
Espumam de poliuretano	PU 60 G BR		60,00	19, 35

## 2.2 Medição do isolamento térmico

A avaliação dos parâmetros relacionados com o isolamento térmico, foram realizados nos materiais apresentados anteriormente com o uso do dispositivo ALAMBETA (Figura 1), construído por Hes (6). Os parâmetros avaliados incluem: condutibilidade térmica  $\lambda$ , resistência térmica R, fluxo de calor estacionário  $q_s$ .



Figura 1 - Aparelho Alambeta

Para a realização dos ensaios utilizaram-se amostras com um diâmetro de 110 mm, com diferentes espessuras apresentados nos Quadros 1, 2 e 3, para cada um dos materiais. Foram realizadas cinco medições para cada amostra de material. A avaliação das propriedades térmicas foi realizada com base nos valores dos parâmetros obtidos nas médias, sendo calculados a média aritmética dos resultados.

### 3 Resultados

#### 3.1 Condutibilidade térmica

O resultado da medição da condutibilidade térmica é baseado na equação (1)

$$\lambda = \frac{Q}{F \tau \frac{\Delta T}{\sigma}} \quad (\text{Eq. 1})$$

onde

- Q - Quantidade de calor conduzido (W);
- F - Área através do qual o calor é conduzido (m<sup>2</sup>);
- τ - Tempo de condução de calor (min.);
- ΔT - Queda de temperatura (K);
- σ - Espessura da amostra (m).

Os resultados apresentados no Figura 1, e tal como referido anteriormente, correspondem aos valores, da condutibilidade térmicas obtidos.

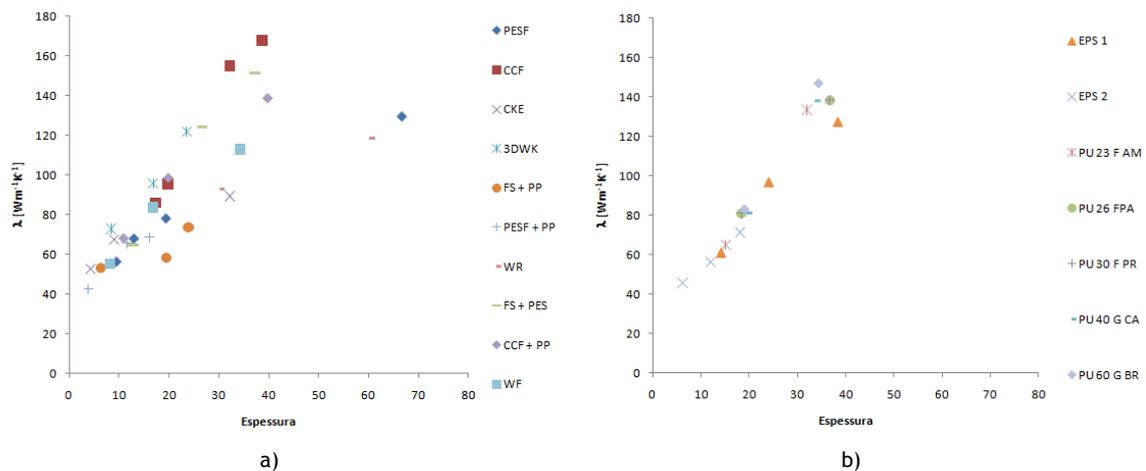


Figura 1 - Condutibilidade térmica dos materiais / espessura a) materiais fibrosos b) espumas

Os resultados apresentados na Figura 2 correspondem ao tratamento dos resultados anteriormente apresentados. Nestes gráficos, encontram-se indicados os valores da condutibilidade térmica para três espessuras diferentes (20, 40, 60 mm). A figura 2 a)

corresponde aos materiais fibrosos comparados com a lã de rocha. Na figura 2 b) a lã de rocha é comparada com espumas de poliuretano e de poliestireno expandido.

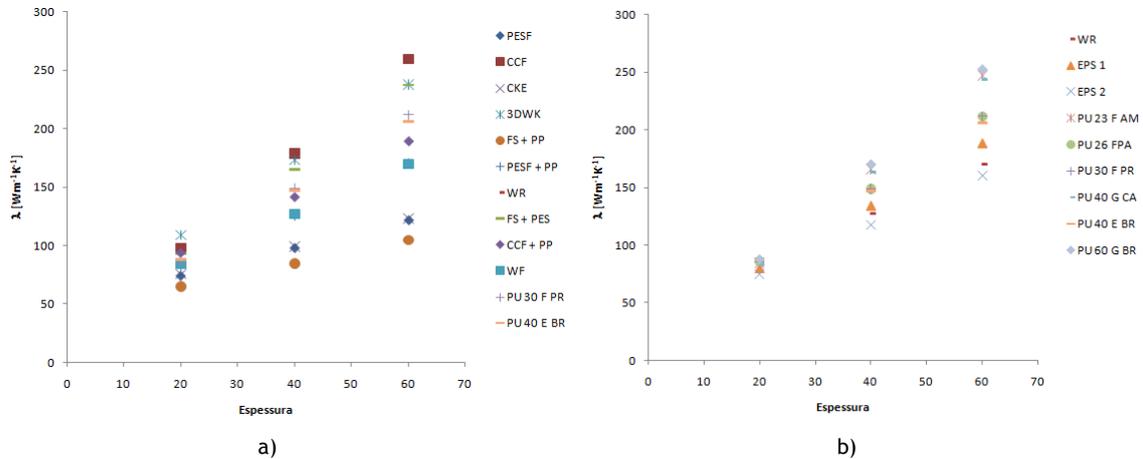


Figura 2 - Condutibilidade térmica dos materiais vs espessura a) materiais fibrosos b) espumas

Comparando os valores de condutibilidade térmica tendo em conta os diferentes materiais utilizada no estudo, pode-se afirmar que as espumas de poliuretano e as espumas de poliestireno expandido têm menor condutibilidade térmica do que as amostras de materiais fibrosos. Entre as espumas de poliuretanos, a espuma que apresenta menor isolamento térmico é a PU 60 GU R. Comparando os materiais à base de fibras, a que apresenta maior isolamento térmico são as fibras de poliéster (PES), mas as malhas teia tridimensionais do tipo “sandwich” em poliéster (3DWK), apresenta, um menor isolamento do que as fibras de poliéster. Quando estas são combinadas com polipropilenos (PES+PP) apresentam um maior isolamento térmico.

### 3.2 Resistência térmica

Resistência térmica está relacionada com a espessura da amostra e é dada pela relação

$$R = \frac{\sigma}{\lambda}, (\text{m}^{-2}\text{K} \cdot \text{W}^{-1}) \quad (\text{Eq. 2})$$

Os resultados apresentados na Figura 3 correspondem aos valores da resistência térmica medidos em diferentes espessuras.

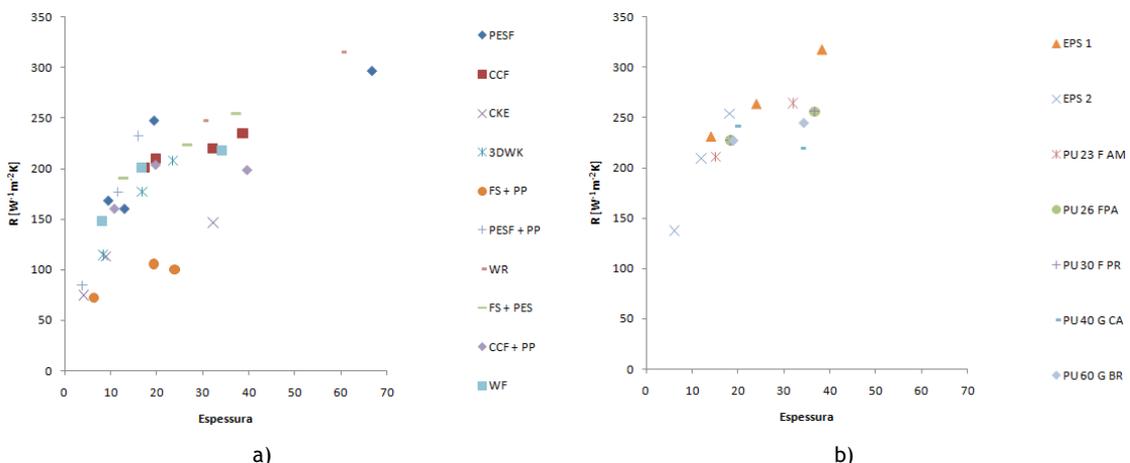


Figura 3 - Resistência térmica dos materiais vs espessura a) materiais fibrosos b) espumas

Os resultados apresentados na Figura 4 correspondem ao tratamento dos resultados anteriormente apresentados. Nestes gráficos, encontram-se indicados os valores da

resistência térmica para três espessuras diferentes (20, 40, 60 mm). Os gráficos comparam espumas e materiais fibrosos com a lã de rocha.

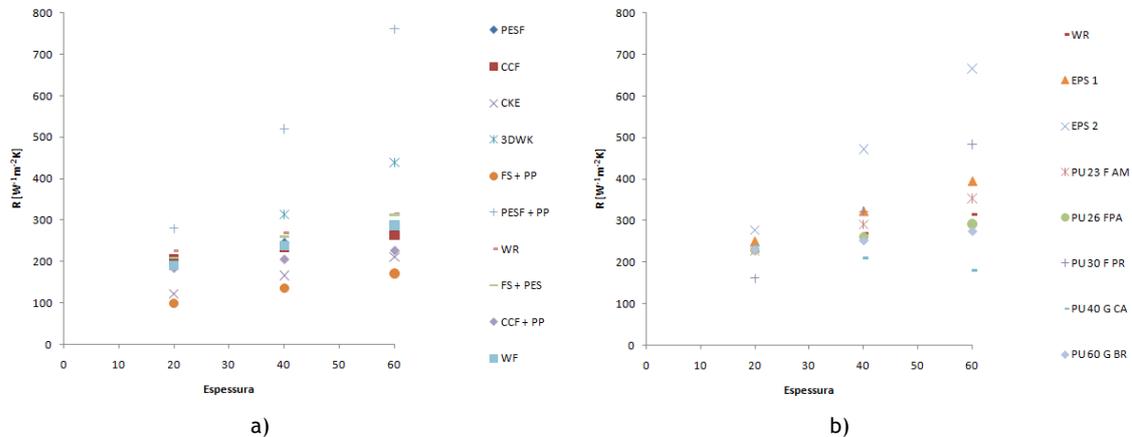


Figura 4 - Resistência térmica dos materiais / espessura a) materiais fibrosos b) espumas.

Afirmamos que as espumas de poliuretano têm o mais alto valor de resistência térmica, enquanto os dos materiais fibrosos, em geral os mais baixos valores deste parâmetro. As espumas de poliuretano variam aumentando a resistência térmica quanto aumentam a sua massa volúmica. As espumas de poliestireno apresentam um maior isolamento térmico, do que as espumas de poliuretano, sendo esta propriedade directamente proporcional à espessura.

No caso dos materiais fibrosos estas apresentam em geral uma maior resistência térmica quando combinados com outros tipos de fibras, como se verifica com o poliéster combinado com o polipropileno (PESF+PP) e as estruturas tridimensionais tipo sandwich.

Com o aumento de espessura, podemos observar um aumento do isolamento térmico, e desta forma a diminuição das perdas de calor para o espaço pelo material. Os tipos de materiais estudados permitem ser concorrentes à lã de rocha, em termos de resistência térmica. Verifica-se através do Figura 4, que a resistência térmica aumenta com o aumento da espessura.

### 3.3 Fluxo de calor estacionário

A massa volúmica do fluxo de calor estacionário ( $q_s$ ) é definida pela equação:

$$q_s = \frac{Q}{F \tau}, (Wm^{-2}) \quad (\text{Eq. 3})$$

Os resultados apresentados no Figura 5 correspondem aos valores do fluxo do calor estacionário, medidos em diferentes espessuras, e diferentes materiais.

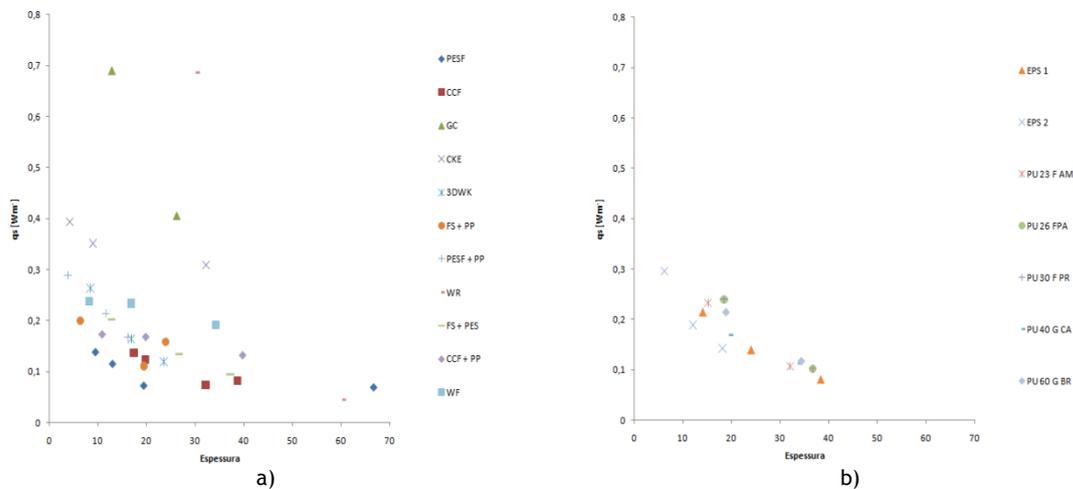


Figura 5 - Fluxo de calor estacionário dos materiais vs espessura a) materiais fibrosos b) espumas

Os resultados apresentados na Figura 6 correspondem ao tratamento dos resultados do fluxo de calor estacionário. Encontram-se indicados os valores do fluxo do calor estacionário para três espessuras diferentes. Os gráficos comparam espumas e materiais fibrosos com o gesso cartonado e com a lã de rocha.

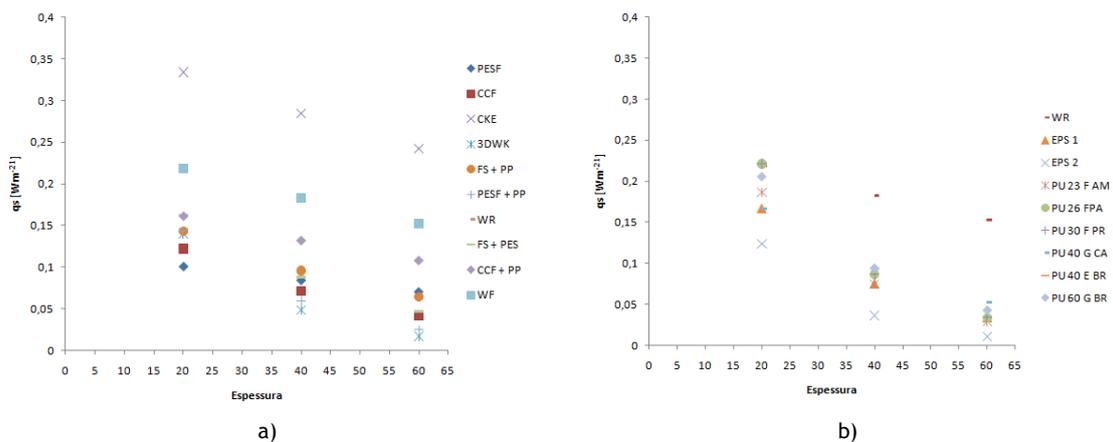


Figura 6 - Fluxo de calor estacionário dos materiais / espessura a) materiais fibrosos b) espumas

Condução em estado estacionário é a forma de condução que ocorre quando a diferença de temperatura conduzindo a condução é constante de modo que após um tempo de equilíbrio, a distribuição espacial das temperaturas (campo de temperatura) no objecto condutor não mais se altera.

O aglomerado de cortiça têm uma maior valor de fluxo de calor estacionário sendo que se aproxima mais da solução de referencia em gesso cartonado e lã de rocha.

O fluxo de calor estacionário tem tendência a diminuir com a espessura do material, como se pode verificam, na Figura 6. As espumas de poliuretanos apresentam melhores resultados de fluxo estacionário, quando estas aumentam de massa volúmica, sendo a melhor PU 60 GBR.

### 3.4 Relação propriedades térmicas com a massa volúmica

Apresenta-se na Figura 7, as propriedades térmicas das materiais em função da massa volúmica. O gráfico representa, os valores considerando uma espessura de 40 mm de material.

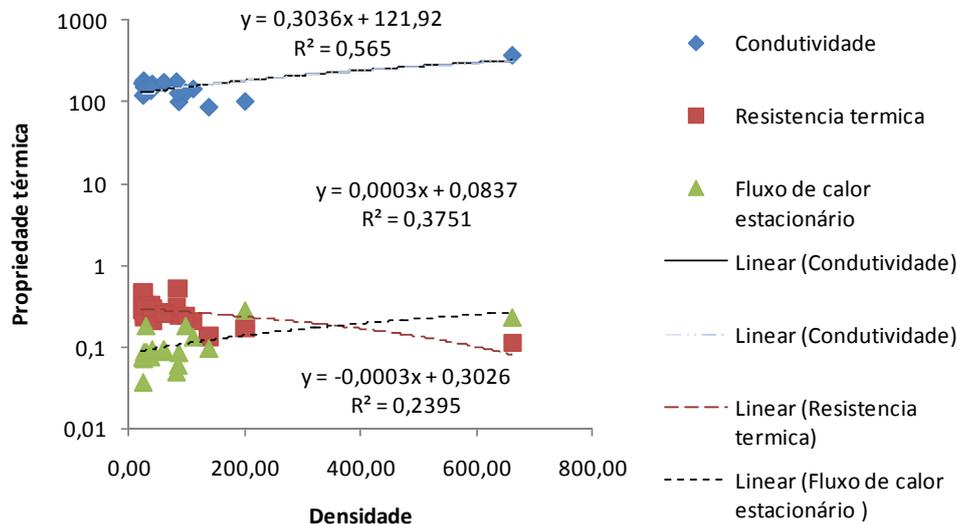


Figura 7 - Propriedades térmicas dos materiais vs espessura

Da comparação entre os resultados das propriedades das propriedades térmicas dos materiais é possível, verificar que a condutibilidade térmica aumenta com o aumento da massa volúmica. O mesmo se verifica para o fluxo de calor estacionário. Verificou-se que a resistência térmica das espumas e dos materiais fibrosos é ligeiramente superior ao do gesso cartonado, sendo este o que apresenta maior massa volúmica de todos os materiais estudados. Todos os materiais fibrosos e espumas tendem a ter uma maior resistência térmica com o aumento da massa volúmica, para uma espessura constante.

#### 4. Conclusão

Os resultados das propriedades térmicas variam com a densidade e com a espessura do material. As propriedades apresentam uma correlação entre a densidade, propriedades térmicas e espessura.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que os materiais fibrosos têm melhores propriedades térmicas do que as espumas do ponto de vista de resistência térmica.

Comparando os valores dos materiais apresentados, com a lã de rocha, verifica-se que estes apresentam valores de condutibilidade térmica semelhantes, verificando-se esta tendência nas espumas. Os materiais fibrosos alternativos apresentados são competitivos relativamente ao material tradicional de isolamento (lã de rocha), em termos de resistência térmica e fluxo de calor estacionário, apresentando por vezes valores superiores, ao contrário das espumas que tendencialmente apresentam valores inferiores ao de lã de rocha.

Materiais como as estruturas tridimensionais em poliéster (3DWK) e as fibras de coco, apresentam melhores valores de condutibilidade térmica do que a lã de rocha. Comparando o fluxo de calor estacionário os materiais como os aglomerados de cortiça (CKE), as espumas de poliuretano e de poliestireno expandido apresentam valores inferiores ao material de referência.

Pelos valores apresentados anteriormente, conclui-se que os materiais fibrosos são tendencialmente compatíveis com o material tradicional, em termos de propriedades térmicas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FCT (Fundação para a Ciência e Tecnologia - Portugal) e COMPETE (Programa Operacional de Factores de Competitividade - Portugal) pelo apoio ao Projecto AdjustMEMBRANE com a referência PTDC/AUR-AQI/102321/2008.

## Referências

- (1) COELHO A., CABRITA A.; Habitação Evolutiva e Adaptável; LNEC, (2003).
- (2) HORDEN, R.; Light Tech, Towards a light Architecture; Birkhäuser; Basel, Boston, Berlin, (1995).
- (3) SLESSOR, C. Eco-tech: Sustainable architecture and high technology Thames and Hudson, New York, 1997.
- (4) ALMEIDA, M.; BRAGANÇA, L. and MENDONÇA, P.; “Potentialities of Lightweight Construction Solutions for Sustainability”; in PALENC 2005 International conference on passive and low energy cooling for the built environment. Santorini. Greece, (19-21 May, 2005).
- (5) DAVIES, J. M.; Lightweight sandwich construction; Blackwell Science Ltd; Oxford, (2001).
- (6) HEES, L.; Instruction manuals of the Alambeta instrument SENSORA Liberec Registered Company, Czech Republic, (1990).