

CARACTERIZAÇÃO HIGROTÉRMICA DE ISOLAMENTOS TÉRMICOS

CERTIFICAÇÃO E MANUAL EXIGENCIAL

Manuel PINTO¹; Vasco Peixoto de FREITAS²

RESUMO

A entrada em vigor do *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE) conduziu a uma maior utilização de materiais leves para isolamento térmico da envolvente dos edifícios. No entanto, é difícil a selecção destes materiais, dada a sua diversidade. Afigura-se-nos de grande importância um conhecimento preciso das características físicas e higrotérmicas dos diferentes materiais disponíveis no mercado de modo a poder fazer-se uma escolha criteriosa em função das solicitações e especificidade de utilização.

A caracterização da condutibilidade térmica, permeabilidade ao vapor, compressibilidade e estabilidade dimensional, entre outras propriedades dos materiais de isolamento térmico, poderá trazer consigo um acréscimo de qualidade não desprezável. É importante dispor, na fase de projecto, de um instrumento que defina as exigências dos materiais de isolamento para as soluções adoptadas. Por isso, com base na caracterização higrotérmica dos isolantes térmicos, pretende-se propor dois instrumentos:

- certificação de isolantes térmicos pré-fabricados;
- manual exigencial de selecção de isolantes térmicos pré-fabricados.

¹ Eng. Civil, M.Sc - Construção de Edifícios, Assistente 1º triénio da Escola Superior de Tecnologia de Viseu

² Prof. Auxiliar da Fac. de Eng. da Universidade do Porto, Dep. de Eng. Civil, Responsável do Laboratório de Física das Construções - LFC

1 - INTRODUÇÃO

A entrada em vigor, em Janeiro de 91, do *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios* (RCCTE) conduziu a uma maior utilização de materiais leves para isolamento térmico da envolvente dos edifícios. A estes materiais deverá ser exigida a caracterização das suas propriedades físicas e higrotérmicas, de modo a poder ser definida a sua aptidão de utilização.

Esta comunicação pretende, com base na caracterização tecnológica da envolvente dos edifícios, propor dois instrumentos:

- uma certificação de isolantes térmicos pré-fabricados;
- um manual exigencial de selecção de isolantes térmicos pré-fabricados.

A certificação é um instrumento de grande interesse na escolha dos isolamentos da envolvente dos edifícios, revestindo-se de grande interesse para todos os intervenientes no acto de construir, nomeadamente: produtores, comerciantes, projectistas e aplicadores.

A utilização de um manual exigencial evitará a escolha de produtos mal adaptados à função particular pretendida e permitirá aos projectistas a elaboração de cadernos de encargos exigenciais.

2 - DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DE ALGUMAS PROPRIEDADES DOS ISOLANTES TÉRMICOS

Apresentamos os resultados da determinação experimental de algumas propriedades que têm interesse na caracterização dos isolantes térmicos, tais como: a condutibilidade térmica (λ), compressibilidade e permeabilidade ao vapor de água (π).

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Física das Construções (LFC), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Os materiais ensaiados foram o poliestireno expandido (placas de 15 Kg/m³ e 20 Kg/m³, com 5 cm de espessura) e a lã de rocha (mantas de 50 Kg/m³, com 5 cm de espessura).

2.1 - Determinação da condutibilidade térmica

2.1.1 - Método da “placa quente” (GHP)

O objectivo do ensaio é a medição da condutibilidade térmica, tendo por base o fluxo de calor que se transmite por condução. Na Fig. 1 pode observar-se, para o caso particular do poliestireno expandido, a variação da condutibilidade térmica com a temperatura.

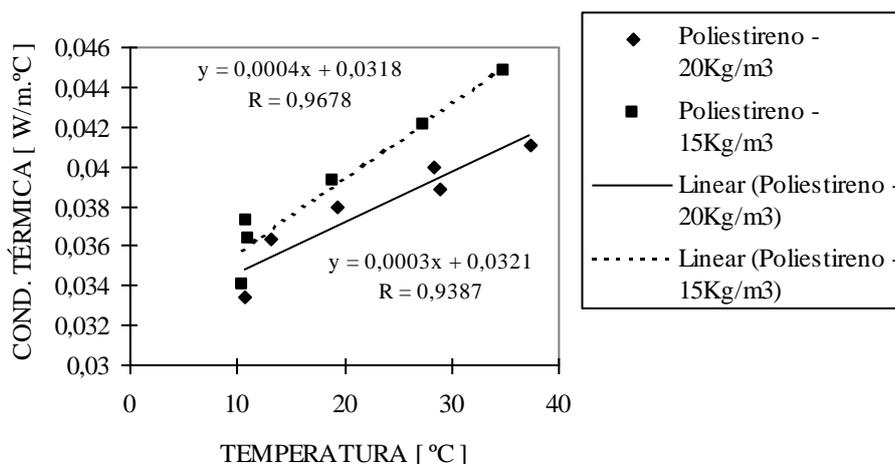


Fig. 1 - Condutibilidade térmica em função da temperatura - poliestireno expandido

2.1.2 - Método da sonda a choque térmico (CT-METRE)

Neste tipo de ensaio são usadas duas amostras entre as quais é colocada a sonda que liberta, durante um certo tempo, uma quantidade de calor, determinando-se indirectamente a condutibilidade em função da dissipação de calor, isto é, da variação de temperatura. Na Fig. 2 apresenta-se os resultado para a lã de rocha.

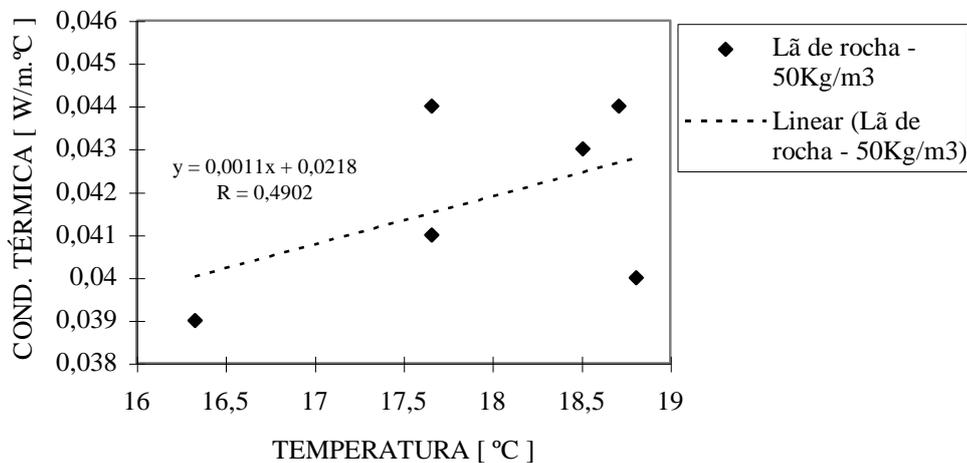


Fig. 2 - Condutibilidade térmica em função da temperatura - lã de rocha

2.1.3 - Apreciação dos resultados

O equipamento “GHP” requer um tempo de ensaio suficientemente longo (aproximadamente 24 horas) para a obtenção de valores com elevada precisão.

Com o equipamento “CT-METRE” é possível a determinação de “ λ ”, “in situ” e/ou no laboratório; permite também a obtenção da condutibilidade térmica para diferentes valores do teor de humidade do provete. Pode ser aplicado a diversos materiais, tais como: tijolo, pedras, vidro, madeira, plásticos, etc, cujos valores da condutibilidade térmica podem estar compreendidos entre 0,05 e 5,00 W/m.°C. Em relação a outras técnicas de medição tem a vantagem de consumir menos tempo nas medições (o tempo de ensaio é de aproximadamente 5 a 10 min.), no entanto, apresenta uma maior dispersão nos resultados.

Os valores de “ λ ”, para a mesma temperatura (20 °C), apresentam uma ligeira variação quando comparados os resultados obtidos pelos dois métodos (Quadro 1).

Quadro 1 - Análise comparativa da condutibilidade térmica (λ) [W/m.°C] obtida pelos dois métodos

MÉTODO	MATERIAL	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C
GHP-300	Poliestireno 15 Kg/m ³	0,036	0,040	0,044	0,048
	Poliestireno 20 Kg/m ³	0,035	0,038	0,041	0,044
	Lã de rocha	0,038	0,040	0,042	0,044
CT-METRE	Poliestireno 15 Kg/m ³		0,029		
	Poliestireno 20 Kg/m ³		0,033		
	Lã de rocha		0,044		

2.2 - Determinação da compressibilidade

Quando temos materiais de isolamento sujeitos a acções de compressão, como é o caso das coberturas, é importante conhecer a sua compressibilidade que pode ser determinada pela perda de espessura após aplicação progressiva, por patamares (24h), de uma pressão de 0,01 MPa até 0,04 MPa, conforme NF P 75-301.

Quanto ao poliestireno expandido, foram realizados dois tipos de ensaio - ensaio lento (num total de 97 horas) e rápido (num total de 25 horas) - com o objectivo de comparar os respectivos resultados.

Os resultados do ensaio de compressibilidade são apresentados na Fig. 3.

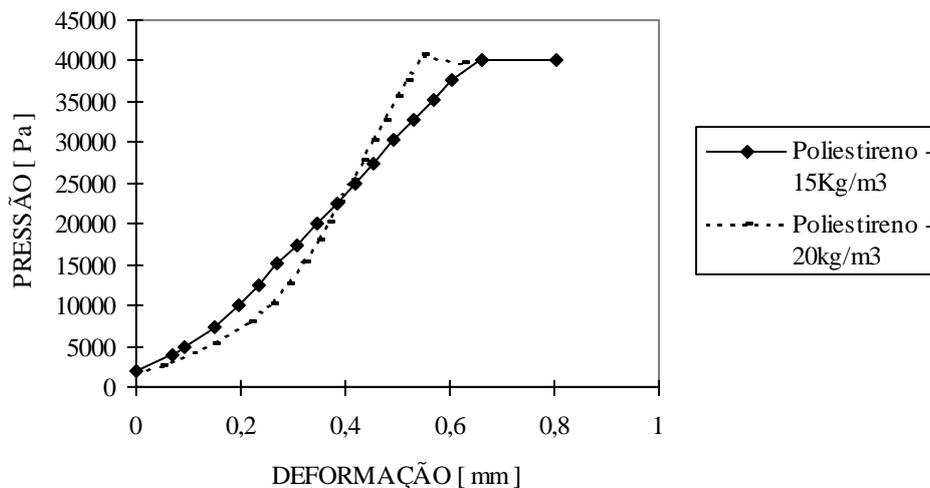


Fig. 3 - Compressibilidade do poliestireno expandido - ensaio rápido

Da análise do Quadro 2, poder-se-á concluir que os resultados obtidos nos ensaios lento e rápido são bastante semelhantes. O poliestireno de maior densidade (20 Kg/m³) apresenta menores deformações.

Quadro 2 - Análise comparativa dos resultados dos ensaios de compressibilidade lento e rápido

MATERIAL	ENSAIO LENTO	ENSAIO RÁPIDO
Pol. 15 Kg/m ³	0,72 mm	0,80 mm
Pol. 20 Kg/m ³	0,57 mm	0,63 mm

2.3 - Determinação da permeabilidade ao vapor de água

De acordo com a Lei de difusão de Fick, o fluxo de vapor é função do coeficiente de permeabilidade e do gradiente de pressões:

$$g = \pi \times \Delta P / e$$

em que:

- g : fluxo de vapor por unidade de tempo e de superfície (g/m².h);
- π : coeficiente de permeabilidade ao vapor de água (g/m.h.mmHg);

- ΔP : diferença de pressões entre os ambientes exterior e interior (mmHg);

- e : espessura do provete (m).

Determinou-se experimentalmente a permeabilidade ao vapor da lã de rocha e do poliestireno expandido utilizando tinas com 140mm de diâmetro.

Optou-se pelo método “Dry-Cup”, em que a humidade relativa no interior da tina é de $\approx 0\%$ e no exterior de $\approx 50\%$. O fluxo de vapor regista-se do exterior para o interior, o que leva ao aumento de peso das tinas. Os resultados obtidos encontram-se no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultados do ensaio de permeabilidade ao vapor de água

MATERIAL	g (g/m ² .h)	$\pi^{(*)}$ (g/m.h.mmHg)	$\pi^{(\#)}$ (Kg/m.s.Pa)	$\mu^{(+)}$ (π_{ar}/π)	P = π/e (Kg/m ² .s.Pa)
Poliestireno 15 Kg/m ³	0,285	135×10^{-5}	$2,81 \times 10^{-12}$	66	$5,62 \times 10^{-11}$
Poliestireno 20 Kg/m ³	0,393	186×10^{-5}	$3,88 \times 10^{-12}$	48	$7,76 \times 10^{-11}$
Lã de rocha	5.045	2394×10^{-5}	$49,79 \times 10^{-12}$	4	$99,59 \times 10^{-11}$

* - $\Delta P = 1404 \text{ Pa} = 10,533 \text{ mmHg}$
- $1 \text{ g/m.h.mmHg} = 0,208 \times 10^{-8} \text{ Kg/m.s.Pa}$
+ - $\pi_{ar} = 1,86 \times 10^{-10} \text{ Kg/m.s.Pa}$ (valor médio para a cidade do Porto)

Os resultados obtidos são da mesma ordem de grandeza dos fornecidos em bibliografia especializada. Como esperado, a lã de rocha é um material muito permeável ao vapor de água.

3 - PRINCÍPIO DA CERTIFICAÇÃO DE ISOLANTES TÉRMICOS

A certificação permite a caracterização das propriedades dos materiais de isolamento térmico e a sua selecção exigencial.

A certificação francesa “ACERMI” (Association pour la Certification des Matériaux Isolants) define, para cada material de isolamento e para cada propriedade, um nível de aptidão de utilização. O isolamento propriamente dito é traduzido pela resistência térmica - “R”; caracterizando-se também a compressibilidade, a estabilidade dimensional, o comportamento à água, o comportamento mecânico em coesão e flexão e a permeabilidade ao vapor de água (Quadro 4).

A certificação aplicar-se-á a produtos isolantes pré-fabricados constituídos por painéis/placas e mantas com ou sem revestimentos delgados, em que a resistência térmica (R) é $\geq 0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$ e a condutibilidade térmica (λ) é $\leq 0,065 \text{ W/m} \cdot \text{°C}$. Os produtos podem ser constituídos por um ou vários isolantes. Os produtos não homogéneos, tais como complexos constituídos por placas de gesso e isolante, não podem ser certificados, embora o isolante por si o possa ser.

Quadro 4 - Informação da certificação ACERMI

PROPRIEDADES	IDENTIFICAÇÃO	QUANTIFICAÇÃO
Resistência térmica	R	W/m ² .°C
Compressibilidade	I	1 - 5
Estabilidade dimensional	S	1 - 4
Comportamento à água	O	1 - 3
Comportamento mecânico em coesão e flexão	L	1 - 4
Permeabilidade ao vapor de água	E	1 - 5

No caso da permeabilidade ao vapor os cinco níveis são definidos com base no critério apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 - Níveis de aptidão de utilização da propriedade - “Permeabilidade ao vapor de água” da certificação ACERMI

NÍVEL	PERMEÂNCIA , $P = \pi/e$ (Kg/(m ² .s.Pa)) ^(*)
E ₁	$P > 6,25 \times 10^{-10}$
E ₂	$1,25 \times 10^{-10} < P \leq 6,25 \times 10^{-10}$
E ₃	$3,13 \times 10^{-11} < P \leq 1,25 \times 10^{-10}$
E ₄	$2,08 \times 10^{-12} < P \leq 3,13 \times 10^{-11}$
E ₅	$P \leq 2,08 \times 10^{-12}$

* - $1 \text{ Kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}) = 4,79 \times 10^8 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$
e - espessura do isolante (m)

4 - SELECÇÃO EXIGENCIAL DE ISOLAMENTOS TÉRMICOS

4.1 - O que é um manual exigencial e qual a sua importância?

Na construção tradicional a escolha dos materiais e da tecnologia de construção era prescritiva, sendo a qualidade da solução validada pela experiência acumulada. Na construção moderna, pelo contrário, a industrialização e a diversidade de produtos e de técnicas de construção conduziram à definição das performances/desempenho a atingir pela solução.

Por isso, torna-se necessário conhecer as características dos produtos de forma a compatibilizar as performances exigíveis à solução. Estas características podem ser definidas na certificação dos materiais ou homologação dos sistemas.

Há toda a conveniência em criar um instrumento que permita a ligação entre as performances exigidas às soluções e as características contidas na certificação dos produtos. Esse instrumento será o manual exigencial que definirá as exigências a obter para cada produto, de forma a cumprir as performances pretendidas para a solução em estudo. A

formulação exigencial, permitirá uma evolução dos cadernos de encargos no sentido de se tornarem exigenciais.

4.2 - Proposta de um manual de selecção exigencial de isolamentos térmicos

Propomos um manual exigencial de selecção de isolantes térmicos, tendo em conta as características da envolvente. Obviamente que esta primeira versão terá que ser simples, de modo a criar-se o hábito de consulta fácil, rápida e concisa. Futuramente, a proposta de manual poderá sofrer alterações, adaptando-se à evolução tecnológica e à experiência adquirida.

É de referir que na generalidade as soluções de isolamento da envolvente não fazem parte de soluções construtivas tradicionais, pelo que se justifica a homologação dos sistemas de acordo com o art.º 17 do RGEU.

O manual proposto tem a seguinte estrutura :

- descrição das soluções correntes da envolvente dos edifícios em Portugal (Fig.4);
- descrição das exigências a obter do isolante em função da solução construtiva adoptada, incluindo a definição da resistência térmica do isolante em função do nível de qualidade térmica adoptado para a envolvente.

Apresenta-se na Fig. 4, a título de exemplo, uma descrição das soluções correntes das coberturas.

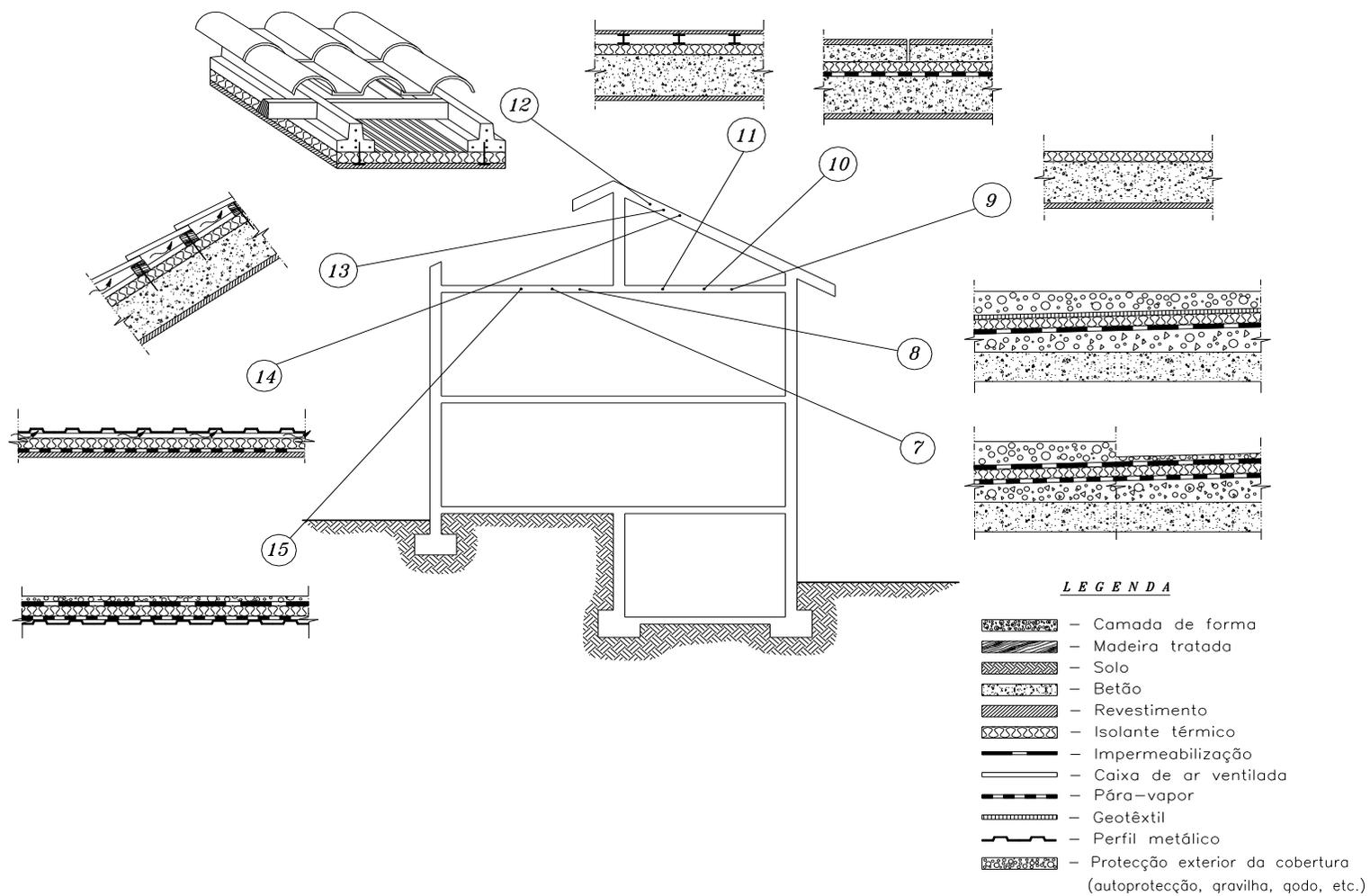


Fig. 4 - Soluções correntes das coberturas

O manual apresentado foi elaborado com base na experiência francesa, tendo sido adaptado em função da tecnologia corrente de paredes, coberturas e pavimentos.

É de realçar que o objectivo deste manual não é uma descrição pormenorizada da envolvente, mas sim definir as exigências mínimas “ISOLE” correspondentes à certificação dos isolantes térmicos. O Quadro 6 apresenta um exemplo.

Quadro 6 - Exigências mínimas “ISOLE” - Coberturas inclinadas com isolante nas vertentes

Nº	SOLUÇÃO	I	S	O	L	E
13	Isolante exterior sobre laje inclinada ^(*)	3	1	2	2	1
* - Ventilação obrigatória da caixa de ar do revestimento de cobertura						

4.3 - Níveis de qualidade térmica da envolvente opaca

Para além das exigências mínimas “ISOLE” torna-se necessário especificar, para cada solução da envolvente, a resistência térmica recomendada para o isolante. Propõem-se quatro níveis de qualidade térmica para a envolvente dos edifícios (Quadro 8) que serão definidos em função dos coeficientes de transmissão térmica de referência preconizados no RCCTE (Quadro 7) e do valor preconizado para K.

Quadro 7 - Coeficientes de transmissão térmica de referência (K_{ref}) [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

ELEMENTO DE CONSTRUÇÃO	ZONAS CLIMÁTICAS		
	I ₁	I ₂	I ₃
Paredes em contacto com espaços exteriores	1,40	1,20	0,95
Paredes em contacto com espaços interiores não aquecidos	1,85	1,60	1,25
Coberturas e pavimentos em contacto com espaços exteriores	1,10	0,85	0,75
Coberturas e pavimentos em contacto com espaços interiores não aquecidos	1,45	1,15	1,00

Quadro 8 - Níveis de qualidade térmica da envolvente opaca

NÍVEIS DE QUALIDADE	$X = K/K_{ref}$
---------------------	-----------------

N ₁	Suficiente	$X > 0,9$
N ₂	Bom	$0,7 < X \leq 0,9$
N ₃	Muito bom	$0,5 < X \leq 0,7$
N ₄	Excelente	$X \leq 0,5$

A resistência térmica dos isolantes para cada solução construtiva foi obtida a partir de valores do coeficiente de transmissão térmica especificado no ITE 28, em função da zona climática e da composição da envolvente. Adoptou-se um valor mínimo de $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W}$.

A utilização do manual para determinar a resistência térmica do isolante pressupõe :

- 1º - Definir o nível de qualidade térmica desejado para a envolvente do edifício em estudo;
- 2º - Definir a zona climática do edifício de acordo com o RCCTE;
- 3º - Consultar os quadros correspondentes a cada solução da envolvente e obter a resistência térmica de acordo com o nível de qualidade térmica adoptado.

Apresenta-se no Quadro 9 um exemplo.

Quadro 9 - Resistência térmica do isolante em coberturas inclinadas

Nº	SOLUÇÃO	ZONA CLIMÁTIC A	NÍVEL DE QUALIDADE			
			N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
13	Isolante exterior sobre laje inclinada	I ₁	0,50	0,75	1,10	1,85
		I ₂	0,75	1,05	1,55	2,55
		I ₃	0,95	1,25	1,80	2,95

As características a incluir no caderno de encargos seriam a resistência térmica (R) e os níveis mínimos de aptidão de utilização (ISOLE).

5 - CONCLUSÕES

A presente comunicação tem como objectivo central a proposta de dois instrumentos:

- certificação de isolantes térmicos pré-fabricados;
- manual exigencial de selecção de isolantes térmicos pré-fabricados.

Verifica-se que, no caso português, a caracterização física e higrotérmica dos isolantes pré-fabricados é insuficiente. A implementação de uma certificação levaria a uma caracterização dos isolantes e, conseqüentemente, permitiria aos projectistas, comerciantes e utilizadores uma maior confiança nas características do produto, uma vez que estas já teriam sido objecto de controlo. Por outro lado, os produtos seriam comparados com base em critérios uniformes e credíveis.

O manual exigencial permite definir as exigências a satisfazer por cada produto, de forma a cumprir as performances pretendidas para a solução em estudo, evitando-se assim, produtos mal adaptados e potencialmente geradores de patologias.

Com os instrumentos anteriores a selecção de isolantes térmicos será um processo racional e permitirá obter a melhor solução técnico/económica para cada envolvente em estudo.

BIBLIOGRAFIA

ABRANTES, Vitor; Freitas, Vasco Peixoto de, *O Isolamento Térmico da Envolvente dos Edifícios Face ao Novo Regulamento*, Dow Portugal, 1993.

Association pour la Certification des Matériaux Isolants (ACERMI), *Certification ACERMI - Exemples d'Usages des Propriétés Certifiées*, Cahiers du CSTB 2849, Livraison 364, Novembre 1995, Paris, CSTB, 1995.

Association pour la Certification des Matériaux Isolants (ACERMI), *Règlement Technique du Certificat de Qualification des Produits Manufacturés Isolants Thermiques de Bâtiments*, Paris, ACERMI, 1992.

FREITAS, Vasco Peixoto de ; Abrantes, Vítor, *Certificação e Etiquetagem de Materiais de Isolamento Térmico*, Comunicação ao 2º Encontro Nacional Sobre Qualidade na Construção - LNEC, Lisboa, 1990.

PINTO, Manuel, *Metodologia para a Definição Exigencial de Isolantes Térmicos*, Dissertação de Mestrado Submetida à FEUP, Porto, 1996.

Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), DL nº 40/90, de 6 de Fevereiro.

SANTOS, Pina; Paiva, Vasconcelos, *Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios*, ITE 28, Lisboa, LNEC, 1990.