



CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS

ANÁLISE DO DESEMPENHO À ÁGUA

DE ETICS E INFLUÊNCIA NA

CONDUTIBILIDADE TÉRMICA

João Luís Parracha¹, Giovanni Borsoi², Paulina Faria³, M. Glória Gomes², Inês Flores-Colen², Rosário Veiga⁴

¹ CERIS e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, jparracha@lnec.pt

² CERIS, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa, giovanni.borsoi@tecnico.ulisboa.pt, maria.gloria.gomes@tecnico.ulisboa.pt, ines.flores.colen@tecnico.ulisboa.pt

³ CERIS e Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa, paulina.faria@fct.unl.pt

⁴ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, rveiga@lnec.pt

INTRODUÇÃO

Os sistemas compósitos de isolamento térmico pelo exterior com revestimento sobre isolante, do tipo ETICS, são uma solução cada vez mais frequente na construção e reabilitação de fachadas de edifícios em Portugal, não só por contribuírem fortemente para a eficiência energética dos edifícios, mas também pelas vantagens que apresentam face a outras soluções. Estes sistemas corrigem pontes térmicas, protegem as paredes da envolvente e elementos estruturais e podem ser aplicados sem interromper o uso dos edifícios. No entanto, apresentam também algumas desvantagens, como o desenvolvimento de condensações internas, aderência entre os diferentes componentes do sistema, resistência ao choque, alteração da cor e suscetibilidade à colonização biológica.

A análise do desempenho à água dos sistemas ETICS é de extrema importância. Estudos anteriores (p. ex. [1]) indicam que um processo de secagem mais lento das camadas superficiais leva a que o teor de água à superfície permaneça elevado durante longos períodos, o que conduz a um aumento do risco de colonização biológica. Outros estudos [2,3] concluíram

que a condutibilidade térmica é fortemente influenciada pelo teor de água, registando-se um aumento significativo da condutibilidade térmica para maiores níveis de teor de água. Nos ETICS, isto é especialmente importante no caso de haver deficiências de impermeabilização que potenciem que a água se infiltre até à camada isolante, afetando a sua capacidade de isolamento térmico.

Neste artigo, analisa-se o desempenho à água de 12 soluções diferentes de ETICS, através de absorção capilar e secagem, procurando avaliar-se a capacidade de proteção à água dos acabamentos das diferentes soluções e o possível impacto na condutibilidade térmica do isolante térmico.

MATERIAIS

Neste trabalho, analisaram-se 12 soluções de ETICS, S_x, sendo x de 1 a 12 (Fig. 1), com três tipos de isolante térmico (EPS – poliestireno expandido, ICB – aglomerado de cortiça expandida e MW – lã mineral). Para além disso, as camadas de base e de acabamento também diferem entre as soluções de ETICS. No entanto, as soluções foram escolhidas para que se

consiga estabelecer pontos de contacto entre elas e para que se tenha, por exemplo, duas soluções em que só difira o tipo de isolante térmico utilizado, ou em que só difira a constituição da camada de acabamento.

Os provetes das diversas soluções foram realizados pelos respetivos fabricantes. A constituição e espessura de cada uma das camadas das diferentes soluções de ETICS estudadas encontra-se especificada na Tabela 1.

MÉTODOS

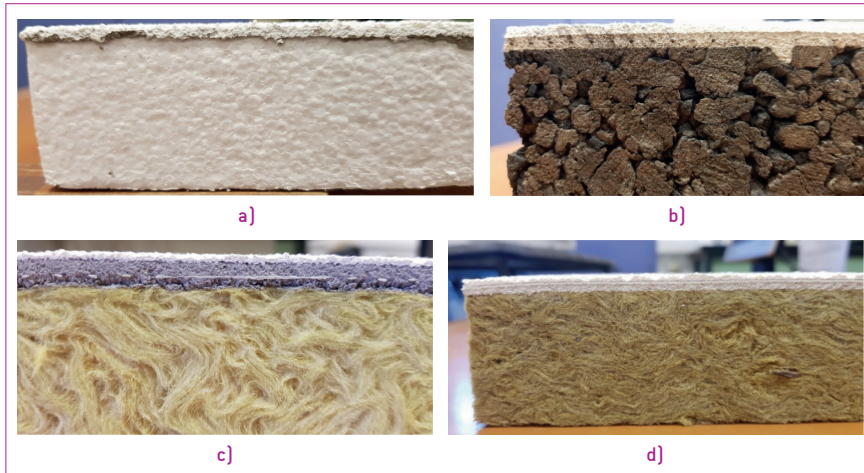
O ensaio de absorção de água por capilaridade foi realizado de acordo com o especificado no ETAG 004 [4] em ambiente condicionado a uma temperatura ambiente (T) de (23±2) °C e uma humidade relativa do ar (HR) de (65±5) %. As faces laterais de todos os sistemas foram previamente seladas com fita cola metálica impermeável para evitar qualquer contacto direto entre o isolante térmico e a água. O coeficiente de absorção de água por capilaridade (C_c) obteve-se através do declive da reta inicial no gráfico, que expressa a quantidade de água absorvida em função da raiz quadrada do tempo.



O ensaio de secagem foi realizado de acordo com o especificado na norma EN 16322 [5], em ambiente condicionado ($T = (23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ e $HR = (65 \pm 5) \%$) até se obter uma variação de massa constante para todas as soluções (variação < 1%). Com base nas curvas de secagem, expressas pela variação de massa em função do tempo de ensaio, obtiveram-se as taxas de secagem 1 e 2 (TS1 e TS2).

O ensaio para a determinação da condutibilidade térmica do isolante de cada um dos ETICS foi realizado com recurso ao equipamento *ISOMET 2114* (Fig. 2a) que utiliza o método transiente, de acordo com a norma ASTM D5930-09 [6]. Para este ensaio, utilizou-se uma sonda de superfície que permite a análise da camada superficial do isolante térmico (tardoz do provete) com espessuras mínimas de alcance entre 2 e 4 cm e, por isso, dentro do intervalo de espessuras do isolante térmico das soluções caracterizadas (Tabela 1). Este procedimento permite apenas a leitura dos valores de condutibilidade térmica do isolante de cada solução. Procedeu-se, assim, à medição dos valores de condutibilidade térmica para cada uma das 12 soluções no estado seco (após estabilização em ambiente controlado), após um ciclo de 24 h de absorção de água por capilaridade e após dois meses de envelhecimento natural (Fig. 2b).

O valor de teor de água (Ψ em %) para cada um dos estados referidos foi medido de acordo com o método gravimétrico em laboratório. Para o estado seco, assumiu-se $\Psi = 0$.



> 1

> Tabela 1: Identificação e constituição dos ETICS.

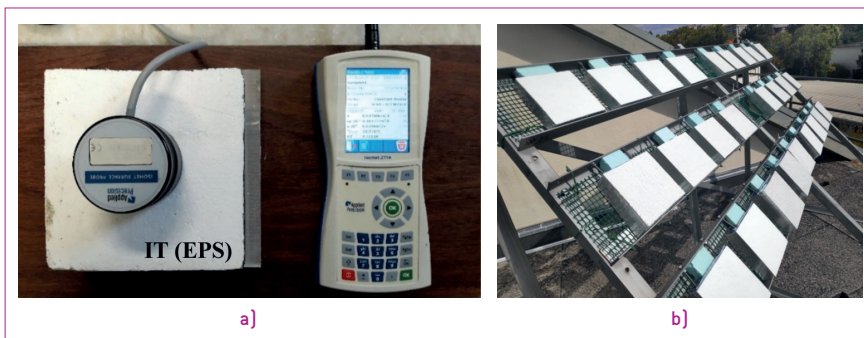
Solução (S)	Espessura S [mm]	Isolante Térmico (IT)	Espessura IT [mm]	Camada de Base (CB)*	Camada de Acabamento (CA)
S1	39,87	EPS	36,66	Cimento	Tinta acrílica 1
S2	40,57		37,70	Cimento	a) Tinta acrílica 1; b) tinta acrílica 2
S3	40,27		37,55	Cimento	Tinta acrílica 2
S4	65,85	ICB	58,83	Cal hidráulica natural, cimento	Cal aérea, ligante hidráulico
S5	64,15		60,50		
S6	65,45	EPS	59,77	Cimento	Tinta acrílica 3
S7	64,53		59,99		
S8	61,34		MW		
S9	43,91	ICB	38,57	Cal hidráulica natural, ligantes mistos	Tinta de silicato
S10	41,91		37,52		
S11	43,30	EPS	38,51	Cimento, cal hidráulica natural	Tinta acrílica 4
S12	44,77	MW	39,93		

*Com inclusão de rede de fibra de vidro normal ou reforçada

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Absorção de água por capilaridade e secagem

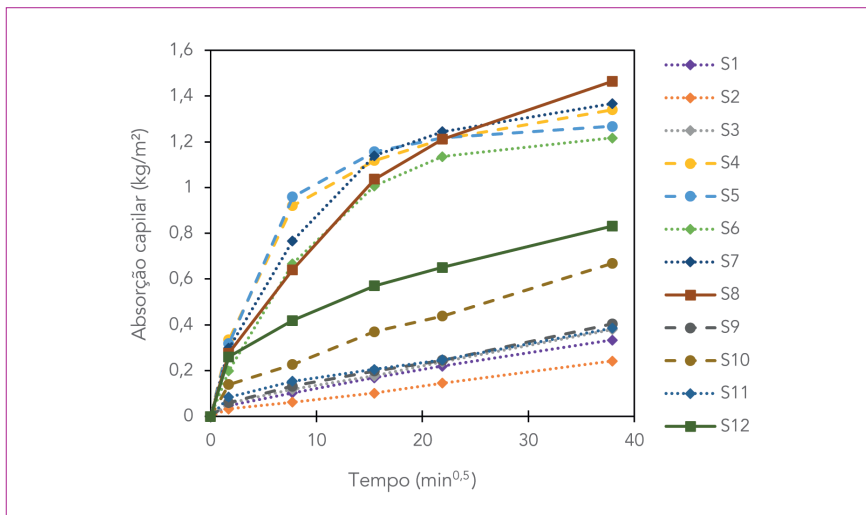
Na Fig. 3 e na Tabela 2 apresentam-se os valores médios de absorção de água por capilaridade e os coeficientes de capilaridade. Verifica-se que os valores de absorção capilar após 1 h de ensaio para todas as soluções estudadas são inferiores a 1 kg/m², sendo este o valor exigido pelo ETAG 004 para a homologação dos sistemas.



> 2

> Figura 1: Alguns dos ETICS utilizados no estudo: (a) S3; (b) S4; (c) S5; (d) S12.

> Figura 2: Ensaio para avaliação da condutibilidade térmica do isolante (a); estação de envelhecimento natural (b)



> 3

De facto, o maior nível de absorção capilar regista-se na primeira hora de ensaio, assistindo-se, depois, a um aumento mais lento para a maioria das soluções. Considera-se, assim, que todos os ETICS apresentam um

comportamento satisfatório, caracterizado por uma absorção de água bastante baixa. O maior valor de absorção de água por capilaridade a 1 h de ensaio acontece para S5, seguido de S4. Estas soluções estão também entre

aquelas que obtêm maiores coeficientes de capilaridade, a par de S7 e S8. Se se considerarem os resultados a 24 h de ensaio, S8 obtém o maior valor de absorção capilar, seguido de S7. S2, por sua vez, tem o menor valor de absorção de água por capilaridade a 1 h e a 24 h de ensaio, com valores de 0,062 kg/m² e 0,242 kg/m², respetivamente. Para esta solução, obtém-se, também, o menor valor de coeficiente de capilaridade. Assim, pode concluir-se que a solução S2 [EPS como IT, cimento na CB e tinta acrílica na CA] é a que obtém um melhor desempenho à água, considerando o ensaio de absorção de água por capilaridade, registando os menores valores de absorção durante todo o ensaio. Este padrão de comportamento é semelhante para as soluções S1 e S3.

De referir, o facto de se ter registado um aumento de cerca de 38% de C_c de S8 em relação a S6, o que indicia uma possível influência da camada isolante no comportamento de absorção de água por capilaridade, uma vez que a composição da camada de base e de acabamento de S6 e S8 é a mesma [Tabela 1], diferindo somente o isolante térmico [EPS para S6 e MW para S8]. De referir, ainda, que a opção pela utilização de um acabamento acrílico, ao invés da utilização de uma tinta de silicato, contribui para um aumento de 138% do valor médio de C_c para S10 em relação a S9.

Na Tabela 2 apresentam-se as taxas de secagem para todas as soluções caracterizadas. A Fig. 4 representa as curvas de secagem para as diferentes soluções.

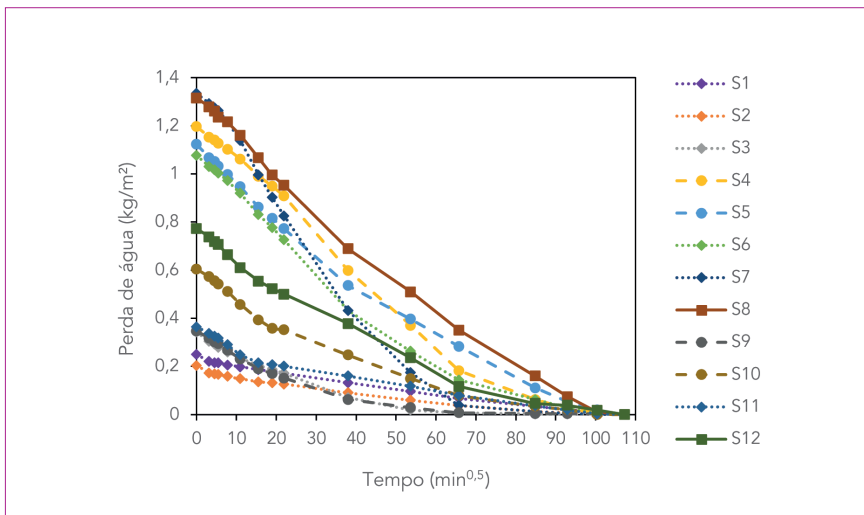
Tal como se pode inferir através da análise da Tabela 2, S7 apresenta o maior valor médio de TS1 e de TS2, o que indica que, de todas as soluções caracterizadas, esta é a que apresenta o maior transporte de água líquida até à superfície da amostra [TS1] mas também a maior difusão de vapor de água [TS2], em menor período de tempo. As soluções S1, S2, S3 e S11 são as que apresentam valores de TS1 e TS2 mais baixos, com S2 a apresentar o menor valor médio de TS1 e TS2 em relação a todas as soluções estudadas. De resto, estas soluções também apresentaram os menores

> Tabela 2: Resultados de absorção de água por capilaridade e secagem.

Solução	Absorção capilar [kg/m ²]			C _c [kg/(m ² .min ^{0,5})]	TS1 [kg/(m ² .h)]	TS2 [kg/(m ² .h ^{0,5})]
	3 min	1h	24h			
S1	0,048	0,102	0,334	0,027	0,0032	0,0214
S2	0,033	0,062	0,242	0,019	0,0030	0,0197
S3	0,058	0,118	0,379	0,034	0,0068	0,0396
S4	0,335	0,921	1,339	0,193	0,0172	0,1195
S5	0,318	0,959	1,268	0,184	0,0151	0,0989
S6	0,199	0,667	1,217	0,115	0,0169	0,1099
S7	0,298	0,767	1,367	0,172	0,0242	0,1528
S8	0,277	0,641	1,465	0,159	0,0168	0,1136
S9	0,059	0,132	0,404	0,034	0,0066	0,0399
S10	0,139	0,227	0,669	0,081	0,0095	0,0619
S11	0,084	0,154	0,385	0,049	0,0051	0,0335
S12	0,261	0,419	0,832	0,151	0,0111	0,0773

C_c – coeficiente de capilaridade; TS1 – taxa de secagem 1; TS2 – taxa de secagem 2

> Figura 3: Absorção capilar ao longo do tempo.



> 4

coeficientes de capilaridade para o estudo de absorção de água por capilaridade (Tabela 2). Assim, verifica-se que os resultados do ensaio de secagem estão em concordância com os obtidos no ensaio de absorção de água por capilaridade, uma vez que as soluções que, na generalidade, absorvem mais água, são aquelas que secam mais rapidamente, obtendo-se uma boa correlação entre o coeficiente de capilaridade (C_c) e a taxa de secagem [TS2],

com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,83$ (Fig. 5). Esta relação mostra um comportamento bem-adaptado dos ETICS, havendo algum balanço entre absorção de água e secagem.

Condutibilidade térmica

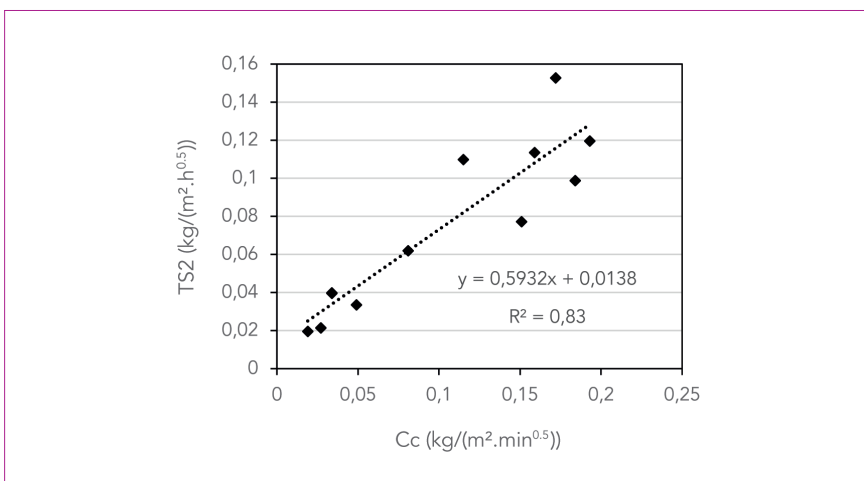
Na Fig. 6. apresentam-se os resultados de condutibilidade térmica (λ) medidos para

cada isolante de cada solução no estado seco, após 24 h de capilaridade e após 2 meses de envelhecimento natural.

Verifica-se um aumento da condutibilidade térmica com o teor de água para todos os isolantes considerados (EPS, ICB e MW). De facto, vários autores (p. ex. [3]) indicam existir uma dependência linear entre a condutibilidade térmica e o teor de água para vários materiais de construção.

Em relação às soluções com EPS como isolante térmico, verifica-se um aumento ligeiro do valor de condutibilidade térmica após 24 h de absorção de água por capilaridade. O valor máximo deste aumento é de 4,69% e acontece para S6. Ainda assim, e após dois meses de envelhecimento natural, o valor do teor de água registado para cada uma das soluções com EPS como isolante é sempre inferior ao teor de água que as soluções tinham após 24 h de capilaridade.

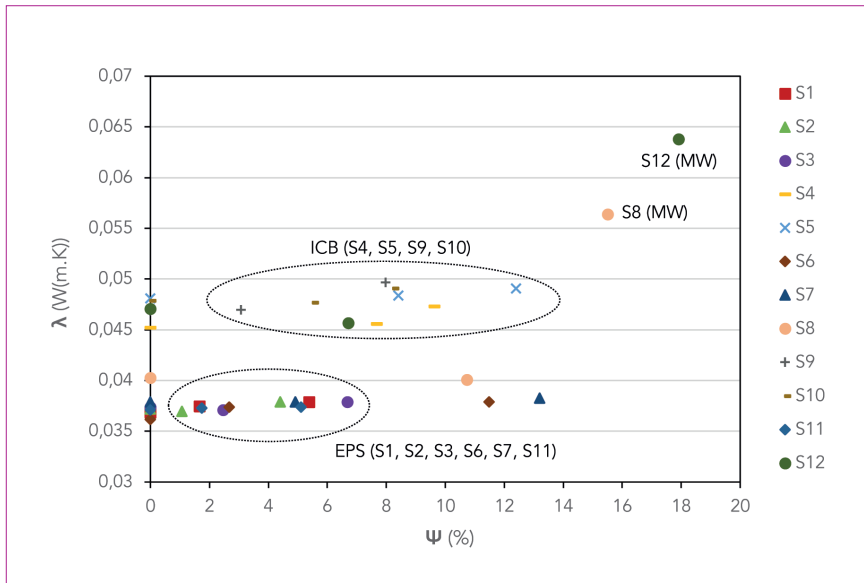
No que diz respeito aos sistemas com ICB como isolante, verifica-se um aumento quer de teor de água, quer de condutibilidade térmica na passagem do estado seco para após 24 h de capilaridade e, conseqüentemente, deste para após dois meses de envelhecimento natural. O valor máximo de aumento de condutibilidade



> 5

> Figura 4: Perda de água por secagem.

> Figura 5: Correlação obtida entre a taxa de secagem [TS2] e o coeficiente de capilaridade [C_c].



> 6

térmica verifica-se para S9, com um aumento de 5,97%.

Para as soluções com MW como isolante térmico, à semelhança do que acontece para as soluções com ICB, verifica-se um aumento de condutibilidade térmica e de teor de água do estado seco para após 24 h de absorção capilar e deste para após 2 meses de envelhecimento. No entanto, para este material verificam-se já aumentos consideráveis de condutibilidade térmica, registando-se valores máximos de aumento de cerca de 53% para S12. Estes resultados estão em concordância com aqueles obtidos por Jerman e Cerný [2] que concluíram que a condutibilidade térmica para MW aumenta muito rapidamente com o aumento do teor de água, o que é explicado pelas propriedades hidrófilas de MW, com um processo de difusão de humidade extremamente rápido.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos sugerem um comportamento satisfatório à água para todas as soluções analisadas, considerando absorção de água por capilaridade e secagem. Todas as soluções cumprem o requisito do ETAG 004,

que refere uma absorção capilar após 1 h de ensaio inferior a 1 kg/m². Os resultados de secagem estão em concordância com os obtidos para a absorção de água por capilaridade: soluções que absorvem maior quantidade de água e mais rapidamente, também acabam por secar mais rapidamente, revelando um bom comportamento global à água.

A condutibilidade térmica dos isolantes aumenta com o teor de água para todas as soluções caracterizadas. No entanto, e também devido à baixa permeabilidade à água dos ETICS – que são caracterizados por uma elevada estanquidade das camadas de base e de acabamento, que não permitem uma grande transferência de água para a camada isolante – o teor de água da solução acaba por não condicionar significativamente a condutibilidade térmica do isolante, com exceção de MW, onde a condutibilidade térmica aumenta muito rapidamente com o aumento do teor de água, registando-se um valor máximo de aumento de cerca de 53%.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) pelo financiamento ao projeto

WGB_Shield (PTDC/ECI-EGC/30681/2017). Agradece-se, também, às empresas CIN, Secil e Weber Saint-Gobain pelo fornecimento dos ETICS utilizados na campanha experimental. ■

REFERÊNCIAS

- [1] Barreira, E.; De Freitas, V.P. [2013] Experimental study of the hygrothermal behavior of External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS). *Building and Environment*. 63, 31-39.
- [2] Jerman, M.; Cerný, R. [2012] Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. *Energy and Buildings*. 53, 39-46.
- [3] Gomes, M.G.; Flores-Colen, I.; Manga, L.M.; Soares, A.; De Brito, J. [2017] The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars. *Construction and Building Materials*. 135, 279-286.
- [4] EOTA [2013] Guideline for European Technical Approval of External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering. Brussels: ETAG 004.
- [5] EN 16322:2013. Conservation of Cultural Heritage – Test methods – Determination of drying properties. Brussels: CEN 16322:2013.
- [6] ASTM D5930-09:2014. Standard test method for thermal conductivity of plastic by means of transient line-source technique. Pennsylvania: ASTM D5930-09:2014.