

Revestimentos de isolamento térmico de fachada: Eficiência, durabilidade e comprovação de qualidade

Maria do Rosário Veiga (Investigadora Principal do Departamento de Edifícios do LNEC, rveiga@lneec.pt)

Carlos Pina dos Santos (Investigador Principal do Departamento de Edifícios do LNEC, pina.santos@lneec.pt)

1. O isolamento térmico de paredes exteriores no contexto da Regulamentação nacional

O isolamento térmico dos edifícios tem um papel essencial no seu bom desempenho energético, no conforto interior e na durabilidade da envolvente.

Em Portugal o isolamento térmico é utilizado na construção de edifícios desde a década de 1950, mas só começou a vulgarizar-se no início da década de 90, com a entrada em vigor do primeiro Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), que foi recentemente actualizado pelo Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril [1].

O isolamento térmico das zonas opacas das fachadas tem um peso significativo no isolamento da envolvente, dada a dimensão relativa da área exposta. Pode ser conseguido através do uso de sistemas de isolamento térmico aplicados pelo exterior ou pelo interior das paredes de fachada, através de isolante inserido no interior da caixa-de-ar entre panos de paredes duplas [2], ou ainda através do uso nas próprias paredes de blocos com características térmicas ou geométricas melhoradas. Embora qualquer destas soluções permita, com espessuras adequadas de isolante, atingir níveis aceitáveis de isolamento, são os sistemas de isolamento térmico pelo exterior que apresentam maior eficácia e mais vantagens adicionais.

Com efeito, estes sistemas corrigem as pontes térmicas, reduzindo o problema das condensações no interior; melhoram o desempenho térmico de Verão, já que permitem que toda a espessura da parede contribua para a inércia térmica; e protegem a estrutura e a alvenaria dos choques térmicos, contribuindo assim para o aumento da durabilidade desses elementos. Adicionalmente, apresentam algumas vantagens práticas, já que não reduzem a área interior e, no caso da reabilitação, produzem o mínimo incómodo para os utentes. Como desvantagem, há que considerar a alteração do aspecto estético das fachadas, nomeadamente nos casos de reabilitação de edifícios ou de edifícios com tipologias menos correntes.

Faz-se notar que, embora os revestimentos de paredes de isolamento térmico pelo exterior sejam uma boa solução para reabilitação térmica de edifícios, não são

adequados para edifícios antigos, de construção anterior ao uso da estrutura de betão armado (cerca de 1945), por razões de incompatibilidade funcional relacionada com a dificuldade de evaporação da humidade geralmente acumulada nas paredes porosas e espessas típicas desses edifícios [3].

Os revestimentos de fachadas com contribuição significativa para a eficiência energética, por isso classificados como revestimentos de isolamento térmico, são, essencialmente, dos seguintes tipos:

- Revestimentos compósitos de isolamento térmico pelo exterior (ETICS) [4, 5].
- Revestimentos de painéis isolantes fixados directamente ao suporte [6].
- Revestimentos constituídos por placas fixadas mecanicamente ao suporte, com isolante no espaço de ar (fachadas ventiladas com isolante na caixa-de-ar).

Para dar uma ideia da eficácia relativa destas soluções apresentam-se no Quadro 1 alguns dados comparativos de características térmicas [7, 8]:

Quadro 1 – Coeficientes de transmissão térmica de paredes exteriores

Solução de fachada	Coeficiente de transmissão térmica, U (W/m².°C)
Parede simples de alvenaria de tijolo furado de 0,22 m	1,30
Parede dupla de 0,11 m + 0,15 m	0,96
Parede dupla de 0,11 m + 0,15 m com EPS (60 mm) na caixa-de-ar	0,44
Parede simples de 0,22 m com ETICS com EPS (60 mm)	0,45
Parede simples de 0,22 m com revestimento de painéis isolantes (isolante descontínuo) de EPS (60 mm)	0,50
Parede simples de 0,22 m com revestimento de painéis com isolante contínuo EPS (60 mm) no espaço de ar	0,45
Parede simples de 0,22 m com revestimento de argamassa “isolante” (60 mm)	0,90
Valor máximo admissível para paredes exteriores, para a zona I3 [1] (minimização do risco de ocorrência de condensações)	$U_{\max} \leq 1,45$
Valor de referência para moradias unifamiliares com menos de 50 m ² (dispensando a verificação detalhada do RCCTE)	$U_{\text{ref}} \leq 0,50$

A estas soluções, bastante eficazes, são por vezes acrescentadas outras, de menor eficácia e aplicabilidade:

- Rebocos isolantes
- Revestimentos reflectantes de protecção térmica [9]
- Revestimentos de mudança de fase (PCM) [10]

Os rebocos isolantes são constituídos por argamassas pré-doseadas de ligante mineral com uma elevada percentagem de incorporação de agregados leves, por exemplo granulado de poliestireno expandido, perlite expandida, vermiculite expandida, ou granulado de cortiça, destinados a reduzir a condutibilidade térmica do reboco. Apenas as argamassas com massas volúmicas inferiores a 600 kg/m^3 e condutibilidade térmica inferior a $0,1 \text{ W/m}\cdot\text{°C}$ [2, 11, 12] podem ser classificadas como argamassas de isolamento térmico. Contudo, mesmo obedecendo a esses requisitos, são necessárias espessuras elevadas para se obter um complemento de isolamento térmico com algum significado e as resistências mecânicas reduzidas podem torná-los muito vulneráveis aos choques.

Os revestimentos reflectantes não reduzem a condutibilidade térmica mas actuam através de uma elevada reflectância ($> 0,80$) e de uma baixa emitância ($< 0,20$) na gama dos infravermelhos [9], que permitem reduzir a quantidade de calor transmitida por radiação, desde que haja um espaço de ar adjacente. Assim, em fachadas, a sua aplicabilidade restringe-se à introdução em caixa-de-ar. Outra limitação importante é que o revestimento reflectante (superfícies metálicas ou metalizadas polidas, em geral folhas metálicas) tem que permanecer limpo e brilhante para manter as características de reflectância e emissividade, o que nem sempre se consegue garantir.

Os revestimentos de mudança de fase (PCM – *phase change materials*) baseiam-se na incorporação de partículas pequeníssimas de determinados materiais que mudam de fase a temperaturas ambientes no limiar do desconforto, com absorção ou libertação de calor, permitindo, assim, alguma correcção térmica (inércia térmica). Usam-se, em geral, micropartículas de determinadas parafinas, encapsuladas em copolímeros [10]. Estes revestimentos, devido ao seu princípio de actuação, só são apropriados para ambientes confinados, portanto para o interior, encontrando-se assim fora do âmbito deste artigo. Trata-se de soluções ainda em fase de estudo, não se conhecendo provas da sua eficácia prática em obra.

As soluções constituídas por fachadas ventiladas com isolante na caixa-de-ar são soluções eficazes e bastante usadas, quer internacionalmente, quer em Portugal. Os materiais usados nas placas de fachada são diversificados: pedra natural e artificial, materiais cerâmicos, plásticos, de fibra de vidro, metálicos lacados, fibrocimento, etc. O isolante é colocado no espaço de ar, colado ou fixado ao paramento exterior do tosco da parede, na espessura que se pretender.

No caso dos painéis compósitos isolantes, menos usados em Portugal, são comuns os painéis metálicos, em geral termolacados, e os painéis de materiais sintéticos, num caso e no outro com isolante no interior. O isolante é descontínuo e a sua espessura é limitada pela espessura do próprio painel, o que reduz a eficiência, mas tem como vantagem a simplicidade de montagem.

Os revestimentos compósitos de isolamento térmico pelo exterior, conhecidos pela sigla ETICS, são uma solução eficiente e relativamente fácil de aplicar, que se tem difundido

muito no nosso País, talvez pela grande liberdade de acabamentos que possibilita. Em particular, permite acabamentos de aspecto tradicional, quase não se diferenciando à vista de um revestimento exterior de reboco pintado, se for esse o objectivo do projectista (Figs. 1 a 3). Estes sistemas versáteis e eficazes têm experimentado um interesse crescente dos técnicos, justificando um tratamento mais detalhado nos subcapítulos seguintes.

2. Constituição dos sistemas ETICS

Os constituintes principais dos ETICS são os seguintes (Fig. 4) [3, 4]:

- Um isolante térmico, que é fixado ao suporte por colagem ou por fixação mecânica (ou ambas), com espessura variável conforme a resistência térmica que se pretende atingir, em geral dependendo do clima da região e da regulamentação térmica nacional. A nível Europeu, os isolantes mais usados são as placas de poliestireno expandido moldado (EPS) e os painéis de lã mineral (MW). Nalguns países (nomeadamente na Áustria, Itália e Suíça), usam-se também placas de aglomerado de cortiça expandida (ICB – Insulation CorkBoard). Em Portugal usa-se principalmente o EPS em placas com espessuras da ordem de 40 a 60 mm, mas também se usam o poliestireno expandido extrudido (XPS) e o ICB.
- Uma camada de base, geralmente constituída por uma argamassa mista de cimento e resina, que é aplicada sobre o isolante em pequena espessura, incorporando uma armadura. Este revestimento deve ter boa aderência ao isolante, elevada resistência à fendilhação, reduzida capilaridade e suficiente resistência mecânica à perfuração e aos choques de corpo duro.
- Um acabamento, ou vários acabamentos alternativos (Figs. 5 e 6), baseados em resinas acrílicas, siloxanos, silicatos ou minerais, com funções diversas e exigentes: para além da função estética, têm uma contribuição relevante para a resistência aos choques e para a estanquidade à água do sistema e condicionam também o comportamento face às acções climáticas, nomeadamente a fendilhação, a colonização biológica e a fixação diferencial de poeiras, que podem formar inestéticas manchas (Figs. 7 e 8).

Para além destes constituintes principais, o sistema comporta diversos componentes secundários, que afectam também o comportamento global e que, como tal, têm que verificar requisitos específicos:

- Uma armadura normal, geralmente constituída por uma rede de fibra de vidro protegida contra a acção dos álcalis, destinada a melhorar a resistência à fendilhação do revestimento, fortemente solicitado pelas variações térmicas, e a contribuir para a resistência aos choques do sistema.

- Uma armadura reforçada, destinada a aumentar significativamente a resistência aos choques, recomendada para incorporação em zonas mais expostas a esse tipo de solicitação (zonas mais baixas da fachada, ao nível do 1º piso).
- Um produto de colagem do isolante ao suporte, constituído por uma argamassa de cimento e resina, usando-se frequentemente o mesmo produto que constitui a camada de base.
- Elementos de fixação mecânica do isolante ao suporte sempre que o sistema é concebido para fixação mecânica, nomeadamente quando o suporte não oferece condições de aderência para uma fixação apenas por colagem.
- Perfis metálicos, em geral de alumínio perfurado, para melhorar o comportamento em vários aspectos: reforço de arestas e de bases, perfis de peitoril, perfis de platibanda, etc. (Figs. 9 e 10). Estes perfis têm que ser apropriados ao sistema e têm que ser correctamente colocados em relação ao revestimento e à armadura de rede.

Cada um dos constituintes principais tem uma função, que determina as características exigidas:

O isolante confere o isolamento térmico. Recobrimo toda a fachada, através de uma camada contínua (em placas justapostas), com uma certa espessura dimensionada para garantir a resistência térmica pretendida, corrige as pontes térmicas e assegura ao mesmo tempo uma inércia térmica significativa, com a contribuição de toda a alvenaria. Através deste componente, o sistema contribui para o conforto de Inverno, para o conforto de Verão, para a redução das condensações e para a durabilidade da estrutura e da alvenaria, que é protegida de grandes variações térmicas.

A camada de base destina-se a conferir resistência mecânica, nomeadamente aos choques, e a constituir uma barreira à penetração da água. Estas são funções importantes, para a durabilidade do sistema e para a sua eficiência, já que, como é sabido, o isolante perde resistência térmica com o humedecimento. Para assegurar estas funções, normalmente são usadas argamassas de cimento e resinas, finas, flexíveis e resistentes.

O acabamento final, geralmente constituído por uma pintura especial ou por um revestimento plástico espesso (RPE) de ligante sintético, ou, mais raramente, mineral ou misto, e agregados finos calibrados de elevada resistência, tem funções fundamentais de protecção: contribuir para a resistência aos choques e complementar a impermeabilidade do sistema sem reduzir excessivamente a permeabilidade ao vapor de água. Tem também a seu cargo a função decorativa, ou seja, deve conferir e manter ao longo do tempo um bom aspecto estético. Para cumprir todas as funções que lhe competem, tem que ser resistente, flexível, impermeável à água e permeável ao vapor de água e ainda resistente aos raios ultra-violeta e à colonização biológica. Este último aspecto é de destacar, já que a colonização biológica é uma das anomalias mais frequentes e mais

visíveis nos ETICS. Com efeito, na camada de acabamento destes sistemas, a temperatura pode baixar muito rapidamente ao pôr-do-sol, atingindo o ponto de orvalho. Deste modo haverá condensações frequentes nestas superfícies, que, devido às texturas rugosas geralmente usadas, tenderão a ter alguma retenção de água e portanto a manter-se húmidas durante longos períodos de tempo. As condições climáticas mais favoráveis ao desenvolvimento de microorganismos, nomeadamente de fungos e algas, implicam humidade elevada e temperaturas moderadas (entre 15 e 20°C para muitas espécies) [13], condições estas frequentes no nosso clima.

Os ETICS são considerados inovadores e a sua marcação CE é obtida através de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA), concedida por um dos Institutos homologadores europeus, entre os quais se encontra o LNEC, com base nos requisitos especificados no Guia Europeu aplicável [4].

A aprovação destes sistemas implica a avaliação das características dos vários componentes, mas implica também a verificação da compatibilidade de todos os constituintes e do bom comportamento global do sistema.

3. Caracterização experimental

Ciclos higrotérmicos e resistência mecânica

O comportamento global é avaliado através do ensaio de comportamento higrotérmico, constituído por ciclos climáticos e de um conjunto de verificações realizadas sobre o sistema após os ciclos (Fig. 11), implicando as seguintes acções:

- Aplicação do sistema sobre um elemento de parede com uma área de pelo menos 6 m², cura durante 28 dias e aplicação, com o auxílio de uma câmara climática, de ciclos com duração total de cerca de 1 mês, incluindo 20 dias de ciclos calor-chuva (70°C – chuva), período de secagem e 5 dias de ciclos calor-frio (50°C – -20°C).
- Sobre o revestimento assim envelhecido artificialmente, realização dos seguintes ensaios: Aderência do revestimento ao isolante térmico; Choques de corpo duro, de 3 J e de 10 J; Perfuração (Perfotest) (Fig. 11).

Os valores obtidos têm que verificar os requisitos estabelecidos a nível Europeu.

Comportamento ao fogo

Os sistemas de isolamento térmico pelo exterior, nomeadamente do tipo ETICS, podem contribuir para a propagação vertical do incêndio, numa empena ou entre pisos numa fachada com vãos.

A avaliação e classificação do desempenho de reacção ao fogo destes sistemas deve ser efectuada de acordo com a normalização Europeia aplicável.

Comportamento à água

Exige-se uma absorção de água por capilaridade inferior a 1 kg/m^2 ao fim de 1 h. Se o revestimento sem acabamentos não verificar este requisito ele terá que ser verificado pelo sistema completo. Nesse caso, será necessário executar o ensaio com os vários acabamentos previstos, podendo apenas ser aprovados os que permitirem cumprir esta exigência.

O sistema deve também manter um grau de permeabilidade ao vapor de água que possibilite as normais trocas higrométricas entre o interior e o exterior e evite as condensações no interior do sistema, que conduziriam à sua rápida degradação.

Resistência aos fungos e outros microorganismos

Embora o problema do desenvolvimento de fungos, algas e líquenes não seja considerado no Guia, este é um aspecto relevante a nível nacional. Com efeito, a degradação de aspecto motivada pela colonização biológica é frequentemente apontada como um factor de recusa destes sistemas pelos donos-de-obra [14]. Assim, os estudos do LNEC incluem um ensaio de resistência ao desenvolvimento do tipo mais comum de fungos (o *aspergillus niger*) e espera-se que dentro de algum tempo possam ser incluídos testes mais específicos.

Cuidados na aplicação e manutenção

Apesar das elevadas exigências de comportamento do sistema e dos seus constituintes, o desempenho final depende em grande parte de uma aplicação correcta e rigorosa. Se existirem falhas a este nível, o comportamento e a durabilidade do sistema podem ser comprometidos, o que influenciará negativamente a confiança do utilizador neste tipo de sistemas.

Deve ser prevista a manutenção da camada de acabamento, através de reparações localizadas, de operações de limpeza e, eventualmente, de repintura, tendo sempre em conta que todos os produtos a usar têm que ser compatíveis com o sistema, dos pontos de vista químico, físico e mecânico.

Em síntese, o bom comportamento dos ETICS depende da qualidade dos seus componentes, da sua compatibilidade, de uma aplicação correcta e de uma manutenção adequada. Em condições normais e com manutenção, é expectável uma vida útil de 25 anos.

Referências bibliográficas

- 1 - |P| - Leis, decretos, etc. – **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios** Imprensa. (Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de Abril). Diário da República n.º 67, I SÉRIE-A, pp.2468 a 2513.
- 2 - PAIVA, José – **Medidas de Reabilitação energética em edifícios**. Comunicação apresentada ao Workshop “Reabilitação energética de edifícios em zonas urbanas: O caso da habitação social”. Lisboa, Março de 2000.
- 3 - VEIGA, M. Rosário – **Intervenções em revestimentos antigos: conservar, substituir ou... destruir**. Revista Materiais de Construção. Ano XXIII, nº 126, Julho/Agosto de 2006, pp. 45 a 50.
- 4 - EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) - **Guideline for European Technical Approval of external thermal insulation composite systems with rendering**. Brussels: EOTA, March 2000. ETAG 004.
- 5 - VEIGA, M. Rosário; PINA DOS SANTOS, Carlos – **Avaliação da aptidão ao uso de sistemas de isolamento térmico para paredes do tipo ETICS**. In Encontro sobre Qualidade e Inovação na Construção, QIC 2006. Lisboa: LNEC, 21 a 24 de Novembro 2006.
- 6 - EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS (EOTA) - **Guideline for European Technical Approval of Vêtures Kit – Pre fabricated for external wall insulation**. Brussels: EOTA, November 2005. ETAG 17.
- 7 - PINA DOS SANTOS, Carlos; MATIAS, Luís – **Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios. ITE 50**. Versão actualizada 2006. Lisboa: LNEC, 2007, 9ª edição.
- 8 - PINA DOS SANTOS, Carlos – **Evolução das soluções de paredes face a novas exigências regulamentares**. Actas do Seminário Paredes de Alvenaria. Lisboa: LNEC, Novembro de 2007.
- 9 - MATIAS, Luís; LIMA, R.; PINA DOS SANTOS, Carlos – **Estudo de novas soluções de isolamento térmico de coberturas**. In Construção 2001, FEUP, Porto, Dezembro de 2001.
- 10 - KUZNIK, Frédéric; VIRGONE, Joseph – **Experimental assessment of a phase change material for wall building use**. Applied Energy, 2009 (em impressão).
- 11 - INSTITUT TECHNIQUE DU BÂTIMENT ET DES TRAVAUX PUBLICS (ITBTP) – **Recherches récentes effectués par les organismes de l’union technique interprofessionnelle des fédérations nationales du bâtiment et des travaux publics. Les enduits isolants légers**. Paris, Annales de L’ITBTP. Série Essais et mesures, 198, nº 428, Octobre 1984.
- 12 - CEN – Specification for mortar for masonry – Part 1: Rendering and plastering

mortar. CEN, EN 998-1.

13 - KANEVA, Giulia, et als. – Biology in the conservation of Works of art. Roma, ICCROM, 1991.

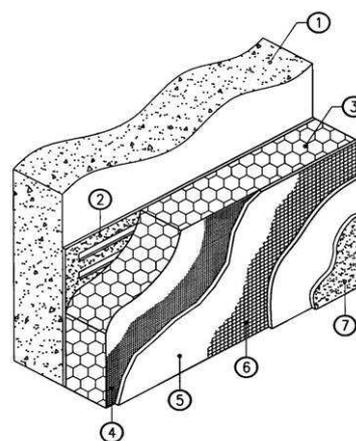
14 - VEIGA, M. Rosário – **Revestimentos de Isolamento térmico: Requisitos e Patologia.** *Arquitectura e Vida*, nº 20, pp. 118-121. Outubro de 2001.



Figs. 1 e 2 – Revestimentos ETICS em moradias, com acabamento do tipo reboco roscone pintado e, num caso, placas de pedra coladas.



Fig. 3 – Edifício multipisos em Lisboa revestido com ETICS



- 1 - suporte
- 2 - produto de colagem
- 3 - placa de isolante
- 4 - armadura reforçada
- 5 - camada de base
- 6 - armadura normal
- 7 - camada de acabamento

Fig. 4 – Sistema ETICS – esquema dos componentes principais



Fig. 5 – Vários acabamentos alternativos de ETICS (aplicação experimental no LNEC).

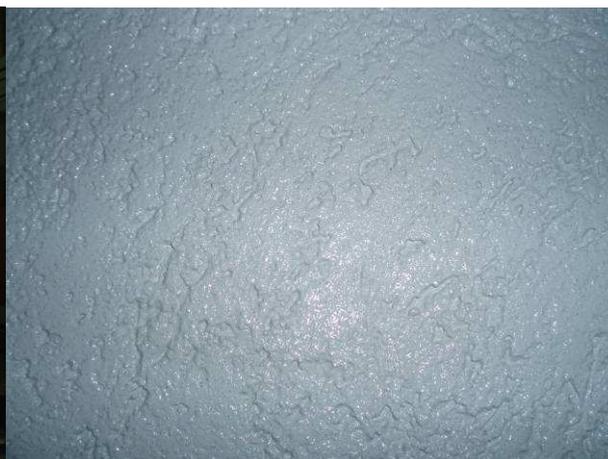


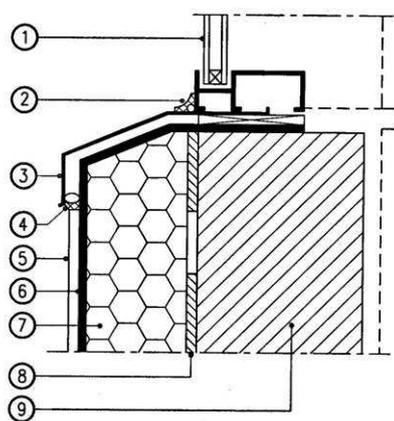
Fig. 6 – Pormenor de um acabamento do tipo RPE.



Fig. 7 – Manchas de sujidade e colonização biológica (fungos) em ETICS



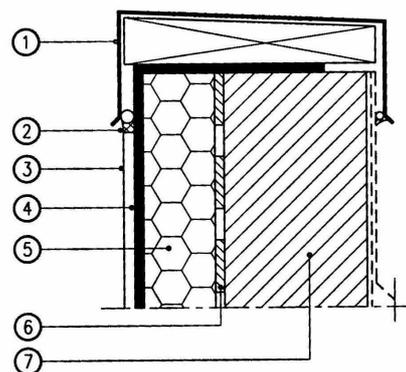
Fig. 8 – Colonização biológica (algas) em ETICS



- 1 - caixilharia de janela
- 2 - selante
- 3 - perfil com pingadeira
- 4 - selante
- 5 - camada de acabamento
- 6 - camada de base
- 7 - placa de isolante
- 8 - produto de colagem
- 9 - suporte

Fig. 9 – Perfil de peitoril com pingadeira.

Fig. 3-7 – Perfil de parapeito com pingadeira a



- 1 - perfil com pingadeira
- 2 - selante
- 3 - camada de acabamento
- 4 - camada de base
- 5 - placa de isolante
- 6 - produto de colagem
- 7 - suporte

Fig. 10 – Perfil de platibanda com pingadeira



Fig. 11 – Ensaio em aplicações experimentais de ETICS no LNEC