

Comportamento mecânico de revestimento externo com isolante térmico - EIFS

Mechanical behavior of the Exterior Insulation Facade System - EIFS

Luciana Alves de Oliveira^{a*}, Evania Sabará Leite Teixeira^b

^a Doutora e Pesquisadora, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., São Paulo - SP, Brasil.

^b Mestre em Habitação pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT e Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – IFSP, São Paulo – SP, Brasil.

*E-mail: luciana@ipt.br

Palavras-chave:

EIFS; desempenho estrutural; resistência de aderência; comportamento mecânico.

Keywords:

Exterior Insulation Facade System; mechanical behavior; bond strength.

Resumo

Este artigo discute o desempenho estrutural do *Exterior Insulation Facade System*, o qual depende das características físicas e mecânicas dos seus componentes (adesivo, isolante térmico e *base coat*), além das resistências de aderências entre eles. Para tanto, foram realizadas pesquisas bibliográficas e estudos de caso, para compreender os projetos e processos de montagem do *Exterior Insulation Facade System* no edifício. Os resultados aqui apresentados são parte de uma dissertação de mestrado. A resistência de aderência do adesivo (e do *base coat*) é o que garante a atuação conjunta dos componentes. O isolante aumenta a resistência térmica da parede, porém seu coeficiente de dilatação e módulo de elasticidade diferem muito dos outros componentes, por isso, sua dilatação causa tensões que exigem maior resistência de aderência. O *base coat* atua de forma a conter as dilatações. As fixações mecânicas no tipo de *Exterior Insulation Facade Systems* tratado neste artigo são suplementares, porém são importantes para auxiliar a manutenção da estabilidade em todos os tipos de *Exterior Insulation Facade Systems*. Aspectos como segurança ao fogo, eficiência térmica, durabilidade e manutenibilidade do EIFS, não foram objeto de discussão desse artigo, mas devem ser analisados em uma eventual discussão sobre adoção de *Exterior Insulation Facade Systems* nos edifícios no Brasil.

Abstract

This article discusses the structural performance of Exterior Insulation Facade System which depends on the mechanical and physical characteristics of its components (adhesive, thermal insulation and base coat) and the bond strengths among them. A literature review and case studies were done to conduct the work. The results presented here are part of a science master degree dissertation. The adhesion resistance between the adhesive and the base coat influences the structural performance of the Exterior Insulation Facade System. The insulating material increases the thermal resistance of the wall, but its coefficient of expansion and modulus of elasticity differ significantly from other components. Then its expansion causes stresses that require greater bond strength. The base coat acts to contain the dilations and can be considered as an essential reinforcement. The supplementary mechanical fixation discussed here is important, and it facilitates the stability of all types of Exterior Insulation Facade Systems. Characteristics such as fire safety, thermal efficiency, durability and maintainability of the Exterior Insulation Facade Systems were not discussed in this article but should be analyzed in any design with Exterior Insulation Facade System on building facades in Brazil.

1 Introdução

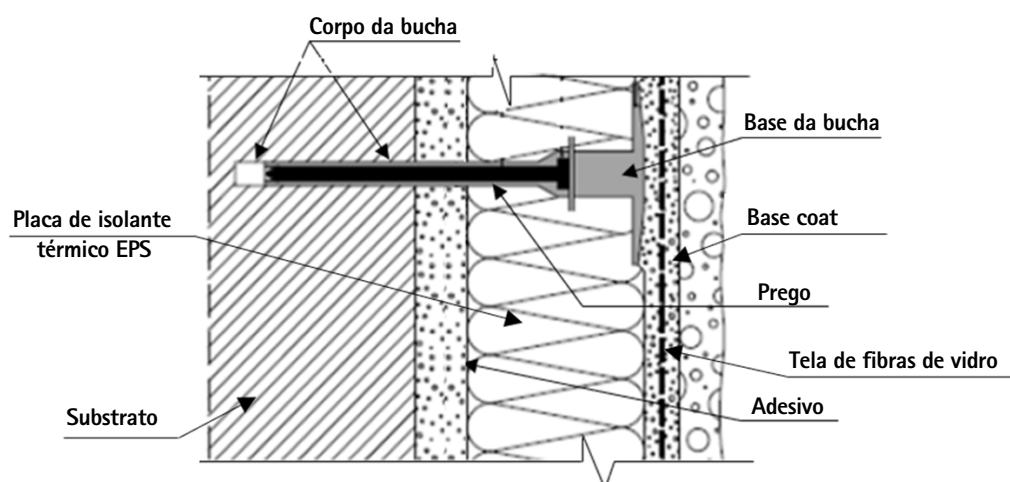
Estudos mostram que parte significativa do consumo de energia na Europa é proveniente dos edifícios, nas fases de construção e de uso. Naquele continente, os edifícios são responsáveis por 30 % desse consumo, o setor de transportes 37 %, e indústrias 17 % (incluindo a indústria de materiais de construção civil) e outros 16 % (ZAGORSKAS et al., 2013). No Brasil, todo o setor industrial é responsável por 32 % do consumo energético, o setor de transportes 33 %, as residências por 10 %, o setor de serviços por 5 % e o restante em outros setores (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, 2019).

Estima-se que, em uma década, metade dos trabalhos nas construções europeias sejam readequações e reformas de edifícios existentes o que gera uma demanda para estudos e desenvolvimentos de produtos, procedimentos e técnicas para a adaptação desses edifícios à regulamentação atual, inclusive às regulamentações de eficiência energética. Nesse sentido, citam-se as possibilidades de adaptação de sistemas de ventilação, aquecimento e ar-condicionado, e que as edificações sejam mais estanques à penetração de ar externo, com maior resistência térmica de suas vedações, mas, com maior permeabilidade para a saída dos vapores através das paredes o que pode ser conseguido, por exemplo, com o isolamento das paredes externas (ZAGORSKAS et al., 2013) combinado com materiais de adequadas propriedades de transporte de umidade. Portanto, o revestimento externo com isolante térmico, comercialmente denominado de *Exterior Insulation and Finish Systems* (EIFS) apresenta-se como uma possibilidade para edifícios antigos e novos.

O EIFS, segundo a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), é um revestimento de fachada multicamadas que deve ter resistência térmica mínima superior a $1 \text{ m}^2\text{-K/W}$. As placas de isolante térmico são coladas sobre o vedo (substrato), utilizando-se argamassa

polimérica e/ou fixadas mecanicamente por meio de parafusos e buchas. Na sua face externa, o isolante recebe uma camada de transição, e, sobre este, o acabamento. O render é composto por duas camadas de argamassas com tela de fibras de vidro (*base coat*). É opcional se acrescentar uma barreira impermeável à água e permeável aos vapores de água sobre o substrato e aplicar um *primer* sobre o render. Segundo a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), as camadas do EIFS devem ser projetadas para possuírem a necessária resistência de aderência entre elas, ou seja, entre o *base coat* e isolante térmico; entre o adesivo e isolante e entre o adesivo e o substrato, isso para que o revestimento como um todo apresente resistência mecânica e estabilidade; resistência a impactos de corpos duros e à perfuração. Tais camadas devem possuir as espessuras mínimas conforme determinadas pela ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013) que são: argamassa polimérica (adesivo químico) de 3 mm a 5 mm; isolante térmico ≥ 50 mm; *base coat* (cada camada) de 2 mm a 5 mm. Na **Figura 1**, nomeiam-se os componentes que formam o revestimento externo com isolante térmico (EIFS) e apresenta-se um detalhe comum para a fixação mecânica, composta por bucha e prego.

Figura 1 – Composição básica do EIFS com detalhe da fixação mecânica



Fonte: Silva (2015)

O objetivo deste artigo é apresentar as principais características dos componentes que formam o EIFS (adesivo, isolante térmico e *base coat*) e evidenciar como elas influenciam as resistências de aderência e, conseqüentemente, no desempenho estrutural do sistema. Para tanto, foram realizadas pesquisas bibliográficas e estudos de caso para se compreender os conceitos adotados nos projetos e nos processos de montagem do EIFS nos edifícios. Os resultados aqui apresentados são parte de uma dissertação de mestrado. Mais especificamente, o escopo desse artigo trata de revestimento externo com isolante térmico aderido, com utilização de fixações mecânicas suplementares, no qual a colagem ao substrato, no longo prazo, se dá pela ação do adesivo e as fixações mecânicas atuam, somente, na fase inicial, antes da cura do adesivo. As abordagens desse artigo são feitas para substratos pesados, conforme sugere a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013).

2 O substrato

O substrato não é parte do sistema de revestimento de fachada, mas compõe o Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa (SVVIE), e deve suportar as camadas do revestimento, ter estabilidade, estanqueidade à água e resistência mecânica. Para tanto, as principais características a serem analisadas são: rugosidade, porosidade, absorção de água e resistência à tração, além do teor de umidade. A ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013) estabelece que o EIFS deve ser projetado e construído apenas sobre substratos pesados, tais como: vedações de painéis pré-fabricados ou pré-moldados de concreto, alvenarias de blocos de concreto, de silicato de cálcio, cerâmicos e outros.

Os substratos influenciam o desempenho estrutural do EIFS, pois deles dependem a escolha do modo de fixação, do isolante, bem como a vida útil do revestimento e a qualidade de sua execução (SOUZA, 2010). As faltas de rugosidade e de porosidade do substrato, segundo Antunes (2016), podem ser resolvidas com a aplicação de um chapisco ou de um adesivo químico especificados para essa finalidade. Os substratos devem ter baixa absorção de água, pois podem retirar água das argamassas poliméricas utilizadas como adesivo (PEREIRA, 2009).

Para Duarte (2008), a umidade inicial no revestimento depende do tipo de material e das características do substrato, da constituição do adesivo e, principalmente, da condição atmosférica na data da execução e da temperatura superficial do substrato durante a aplicação ($\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, substrato superficialmente seco). Nessas condições, a umidade do substrato deverá ser $\leq 3\%$ da massa total da alvenaria. A resistência mínima de aderência à tração (em condições secas) do adesivo ao substrato deve ser $\geq 0,25\text{ N/mm}^2$ (ETAG 004, EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013). Entretanto, a resistência mínima de tração do substrato em concreto é $R_a \geq 1,5\text{ N/mm}^2$, em condições secas. Deve-se dar especial atenção, segundo Freitas e Gonçalves (2015), à estabilidade das alvenarias, pois as deformações podem ser altas, principalmente daquelas que forem muito esbeltas com confinamentos laterais e que sejam encunhadas em pisos, lajes e estruturas laterais. Freitas e Miranda (2014) afirmam que se deve atender, entre outras, às seguintes recomendações para o substrato: a superfície não deverá apresentar poeiras ou partículas soltas; o substrato não deverá estar molhado por chuvas; deve-se tratar as fissuras existentes se forem maiores que 0,5 mm; deve-se aplicar jatos de ar ou areia para a limpeza, se necessário.

3 Componentes do EIFS

3.1 Argamassa polimérica

A argamassa polimérica ou adesivo têm função primordial no desempenho, pois garante a aderência do isolante térmico ao substrato, resistindo conjuntamente com o substrato às tensões de tração, compressão, cisalhamento e outras que advêm das ações atuantes das intempéries, dos movimentos dos substratos, do peso próprio e de condições ambientais, como as higroscópicas, térmicas e vento. Os adesivos são avaliados por sua resistência de aderência (ensaios de resistência à tração e de resistência ao cisalhamento) e pelo tempo em aberto (tempo máximo entre a aplicação do adesivo e a aplicação de um material sobre ele). Conforme a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), os adesivos também devem ser ensaiados quanto ao seu comportamento ao fogo, que é influenciado pela quantidade de material orgânico que possuem. Pode-se considerar que adesivos com teor orgânico $\leq 15\%$ de sua massa seca possuem os requisitos necessários para que o EIFS tenha um bom comportamento ao fogo, sem serem ensaiados. Os com teor orgânico $> 15\%$ devem ser testados conforme norma técnica específica. Segundo Duarte (2008), o adesivo deve ter uma constituição que lhe garanta menor retração e menor módulo de elasticidade que as argamassas comuns (≤ 10.000 MPa).

3.2 Isolante térmico

Para a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), o isolante térmico é um material de condutividade $\leq 0,065$ W/(m.K) e deve ser dimensionado para aumentar a resistência térmica da parede exterior. Segundo Vicente (2012, apud PERDIGÃO, 2013), o material isolante térmico deve suportar o render, ser pouco permeável à água, ter estabilidade às variações de temperatura e umidade, ter durabilidade e não propagar chamas.

Na Europa, conforme Perdigão (2013), o material mais utilizado como isolante é a placa de espuma de poliestireno expandido (EPS). Outros tipos são: poliuretano, cortiça expandida, lã de madeira, lã mineral e o aerogel que é um produto da nanotecnologia. No Brasil, existe a norma técnica ABNT NBR 11752 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) que classifica os diversos tipos de EPS, porém ela não leva em conta os diversos usos e aplicações do EPS. Assim, utiliza-se da própria ETAG e de outros regulamentos para definir as características que o EPS deve apresentar para ser aplicado no EIFS.

São citados, no Quadro 1, os valores mínimos para a resistência ao cisalhamento, condutividade e módulo de elasticidade do isolante térmico (EPS), conforme a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013) e SINAT 011 (SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS, 2017).

Quadro 1 – Características do isolante térmico EPS

Espessura	Mínima de 5 mm (ETAG 004:2013)
Resistência ao cisalhamento ²	≥ 0,03 N/mm ²
Módulo de elasticidade transversal ³	≥ 1,0 N/mm ²
Condutividade térmica	≤ 0,065 W/(m.K), conforme ETAG 004 ≤ 0,06 W/(m.K), conforme SINAT 011
Resistência térmica	≥ 0,5 m ² .K / W
Absorção de água total	< 35 %

Fonte: adaptado da Diretriz SINAT 011 – Revisão-2 do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (2017) e ETAG 004 European Organisation for Technical Approvals (2013)

Conforme ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), o isolante necessita ter uma relação entre suas resistências à tração na condição úmida e na condição seca maior que 0,80. Se o isolante apresentar uma relação menor, o ensaio *pull-through*, ou seja, de arrancamento das fixações deve ser realizado em condições úmidas aos 28 dias de exposição e, nesta condição, o revestimento não deve ser do tipo aderido. Essa relação significa que o valor da resistência na condição úmida não pode ser menor, nem igual a 80 % do valor na condição seca. Se o isolante for composto, deve-se verificar se ele obedece a relação da **Equação 1**, que representa uma condutividade térmica equivalente.

$$d / R \leq 0,065 \text{ (W/ (m.K))} \quad (1)$$

Onde:

d = espessura do isolante composto em m;

R = resistência térmica do produto de isolamento ((m². K) /W).

¹ Placa de poliuretano sólido com 90 % de seu volume de aerogel orgânico (2^a+ CONSTRUÇÃO: Portal de notícias, 2018).

² Resistência ao cisalhamento característica (valor mínimo de uma série de testes como substituto do percentil de 5%).

³ G-Determinado em ensaios com corpos de prova submetidos à cisalhamento puro por torção, pela expressão $G = t/y$ (MPa ou N/mm²); sendo t = tensão de cisalhamento por torção (MPa) e y = deformação angular.

Conforme Primo (2008), são pequenos os riscos de acúmulos prolongados de umidade no isolante, porque o EPS tem boa permeabilidade ao vapor d'água. Essa característica permitirá uma secagem mais rápida desse material desde que a condição climática permitir. Dessa forma, quanto maior for a compatibilidade entre as permeabilidades ao vapor de água do render e da placa de isolante, menor serão os riscos desse acúmulo de umidade.

Para o material EPS, a diretriz europeia (ETAG) não estabelece um valor para sua permeabilidade ao vapor de água, porém, o fabricante deve declarar na ETA do produto o valor do coeficiente de resistência à difusão do vapor de água. A deterioração do isolante térmico pode ocorrer se ele tiver contato com a água e/ou se o render apresentar alguma dificuldade para a saída do vapor de água (MALANHO, 2012).

No Brasil, quanto ao comportamento ao fogo, o EPS deve ser avaliado pela NBR 11752 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) e ETAG 004:2013, devendo ser no mínimo classe F I, II ou III (material retardante à chama). Conforme a Diretriz SINAT, a reação ao fogo das faces externas das paredes de fachada deve estar nas classes I, IIA ou II B, sendo que os materiais empregados no núcleo das paredes devem estar nas classes I, II A ou III A e ensaiados conforme a ABNT NBR 9442.

Destacam-se, ainda, alguns outros critérios que devem ser observados para o bom desempenho do EPS, tais como: resistência à tração ≥ 150 kPa, resistência à compressão ≥ 100 kPa, permeabilidade ao vapor de água (P) $< 0,60$ m, módulo de elasticidade (E) ≥ 1.000 kPa e resistência característica ao cisalhamento (f_{rk}) $\geq 0,03$ N/mm², conforme ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013).

3.3 Base coat

É uma camada de argamassa de cimento e resinas sintéticas, estruturada por uma tela de fibras de vidro álcali resistente, para melhorar sua resistência à fissuração e aos choques (VEIGA; MALANHO, 2010, p. 2). A tela impede a abertura de fissuras que podem ocorrer no encontro de duas placas de isolante térmico e auxiliam na contenção das dilatações do revestimento (SOUSA, 2010, p. 19). Conforme Pereira (2009), o *base coat* pode ser executado com uma argamassa similar à utilizada como adesivo. Mas, Veiga e Malanho (2010) propõem que as características de flexibilidade (aptidão de dissimular fissuras) e absorção de água por capilaridade também sejam analisadas nessas argamassas.

A tela de fibra de vidro deve ser utilizada em toda extensão do revestimento e em locais mais suscetíveis ao choque, sendo sua resistência a tração no estado novo $R_t \geq 50$ N/mm² (ETAG 004,

⁴ ETA - European Technical Approval (Aprovação Técnica Europeia). São especificações técnicas para um produto inovador ou grupo de produtos para os quais ainda não há uma norma europeia harmonizada.

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013, p. 78). As **Fotografias 1 (a e b)** apresentam o modo de aplicação da tela de fibras de vidro.

A aplicação de um *primer* é opcional, conforme a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), porém tende a melhorar a aderência entre o *base coat* e o acabamento. O acabamento, segundo Malanho (2012), fornece ao revestimento uma proteção complementar contra as intempéries e contribui para a resistência aos impactos, além do aspecto estético.

Fotografias 1a e 1b – Tela de fibras de vidro



(a) aplicação de tela de fibras de vidro



(b) imprimação da tela

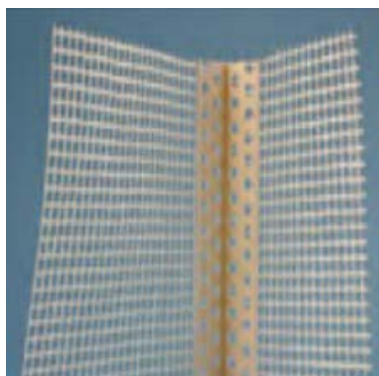
Fonte: Veiga e Malanho (2006)

3.4 Componentes auxiliares básicos

Os principais componentes auxiliares são os perfis de quina, perfis de arranque e os acessórios de fixação, como as buchas e pregos. O perfil em forma de "U" deve ser fixado no substrato por parafusos no limite inferior da alvenaria, servindo de arranque horizontal e em nível para iniciar a colocação das placas isolantes. Esses são uma proteção para que a umidade por capilaridade não chegue até o revestimento. Segundo Primo (2008), o perfil de esquina, canto ou perfil ângulo pode ser metálico ou PVC, colado em tela de fibra de vidro. Esse perfil reforça os pontos críticos como os cantos que suportam impactos, dá verticalidade e alinhamento e forma bordas perpendiculares.

As **Fotografias 2 (a e b)** mostram um perfil de esquina ou de canto antes e depois de sua aplicação. O encontro do perfil de esquina com o de arranque é feito em ângulo de 45°.

Fotografias 2a e 2b – Perfis de esquina



(a) perfil de esquina com tela



(b) perfil de esquina aplicado

Fonte: Veiga e Malanho (2006); Asociación de Fabricantes de Morteros y et al. SATE (2017)

Outros componentes básicos são as fixações mecânicas, colocadas sobre o EPS fixando-o ao substrato, que são buchas de polipropileno com prego de aço ou de plástico. A quantidade de fixações mecânicas depende das condições da face externa do substrato e do modo de aplicação do adesivo, devendo-se utilizar no mínimo duas fixações mecânicas por placa, se o adesivo for distribuído homogeneamente no verso da placa de isolante.

As **Fotografias 3 (a, b e c)** mostram a aplicação de adesivo, a furação no EPS e a colocação de bucha e prego.

Fotografias 3a, 3b e 3c – Aplicação de adesivo e fixação mecânica



(a)



(b)



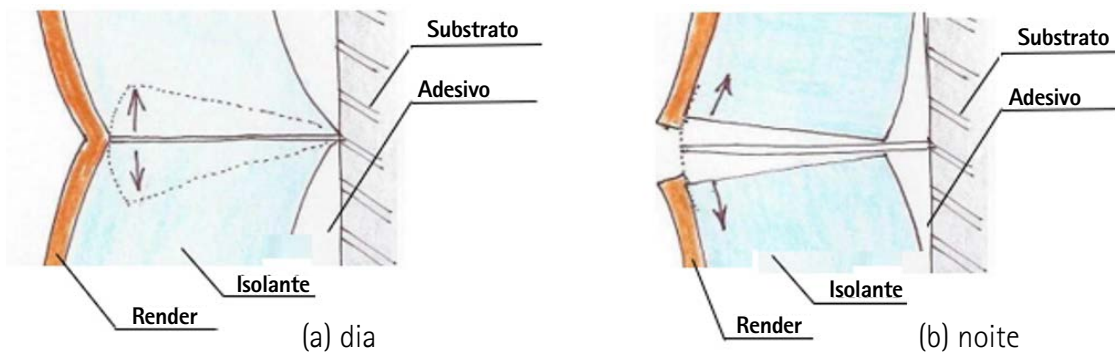
(c)

Fonte: Asociación de Fabricantes de Morteros y et al. SATE (2017)

4 Comportamento mecânico

O comportamento mecânico do revestimento EIFS, conforme Freitas e Gonçalves (2015), depende das dilatações térmicas das camadas que ocorrem devido às diferenças de temperatura do dia e noite e, mais intensamente, com as diferenças do clima no inverno e no verão. As **Figuras 2 (a e b)** apresentam as deformações que ocorrem durante o dia e noite na placa de isolante térmico.

Figuras 2a e 2b – Comportamento do isolante



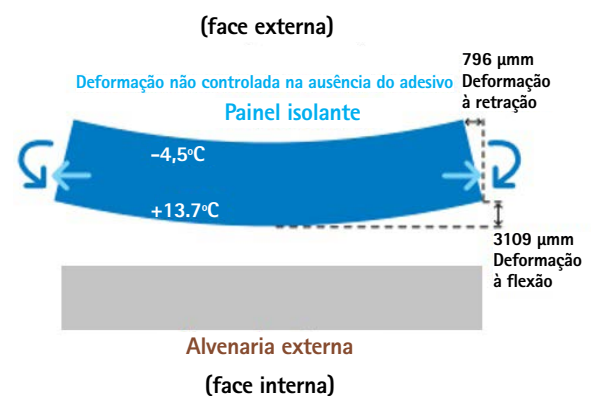
Fonte: Freitas e Gonçalves (2015)

Para exemplificar as deformações do revestimento no inverno e verão, apresenta-se a **Figura 3** que representa o comportamento da placa de isolante, num dia de inverno europeu, considerando o substrato como uma base rígida, ou seja, com a deformação controlada e a Figura 4 representando o isolante porém com a deformação não controlada, ou seja, com a placa de isolante deformando-se livremente. No verão, a deformação da placa inverte-se, ou seja, a face exterior está sujeita às forças de tração.

Figura 3 – Comportamento do EPS com sua deformação controlada



Figura 4 – Comportamento do EPS com sua deformação não controlada



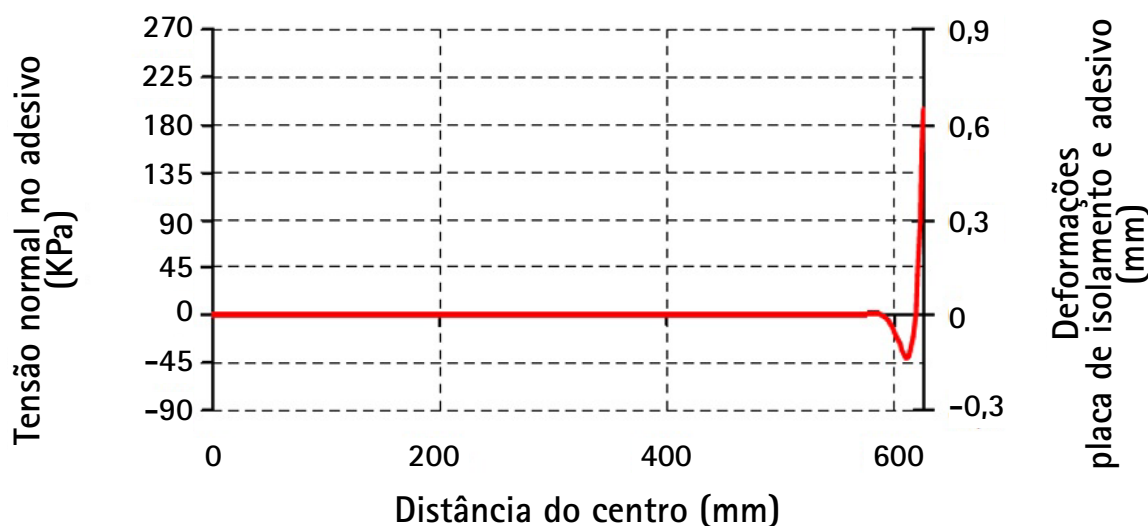
Fonte: Mapei Spa (2011)

As regiões mais solicitadas do adesivo estão próximas às bordas da placa de isolante e na interface do adesivo com o substrato onde ocorrem as mais altas tensões de tração, conforme Collina e Lignola (2010). Segundo a ETAG 004 (EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), a resistência mínima de aderência para o revestimento (interface adesivo e isolante) não se descolar do substrato é $R_a \geq 0,25 \text{ N/mm}^2$ (0,25 MPa) em condições secas. No entanto, entre o adesivo e o isolante térmico a resistência é em torno de 0,08 MPa, sendo similar ao valor entre o *base coat* e o isolante térmico, pois nesses casos a ruptura ocorre no isolante (ruptura coesiva).

Para estudo das deformações, Collina e Lignola (2010) estabeleceram como hipótese que no centro do isolante (metade do comprimento e da espessura) as forças e rotações são nulas e nas bordas, quando estão restritas, ocorrem as maiores tensões e deformações.

A **Figura 5** apresenta o gráfico das tensões normais da seção transversal do conjunto adesivo-isolante, para a situação de uma das borda estar restrita. Nessa figura, o centro do isolante é $x = 0$. As tensões desse estudo foram calculadas considerando um gradiente térmico na seção do isolante de $28 \text{ }^\circ\text{C}$ (condições de inverno), obtendo-se uma tensão na borda do isolante em torno de 195 kPa e um deslocamento em torno de 0,7 mm.

Figura 5 – Gráfico das tensões normais e das deformações no conjunto adesivo-isolante (seção transversal do isolante)



Fonte: Collina e Lignola (2010)

Barreira e Freitas (2016) explicam que quanto mais próximos forem os coeficientes de dilatação térmica dos componentes, melhor será o desempenho do revestimento. O coeficiente de dilatação térmica das argamassas poliméricas tem valor aproximadamente $1,2 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, semelhante ao coeficiente das vedações de blocos de concreto, e ao coeficiente da tela de fibras de vidro que variam de $0,9$ a $1,4 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. O coeficiente do EPS, no entanto, é aproximadamente de $5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ a $7 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ o que justifica maiores dilatações nas faces do EPS. Conforme Duarte (2008), o módulo de elasticidade do adesivo é menor que o das argamassas comuns, porém, muito superior ao do

EPS e, conforme Collina e Lignola (2010), as tensões de cisalhamento são geradas na interface do isolante com o adesivo, em razão das movimentações diferenciais da placa de isolante. Para a placa de isolante, necessita-se prever um fator de segurança. Collina e Lignola (2010) afirmam que a tensão máxima no isolante é praticamente independente da sua espessura, porém, a tensão crítica se relaciona com essa; assim, quanto menor a espessura, maior será a possibilidade de falhas de estabilidade. Ainda influenciam negativamente, ou seja, reduzem a estabilidade: a falta de planeza da placa de isolante e seus defeitos de fabricação (descontinuidades/fissuras/vazios); e a esbeltez da placa e o módulo de elasticidade.

A tensão de compressão normal advém, principalmente, de impactos no revestimento e a tensão de tração normal de solicitações dos ventos. Segundo Pereira (2009), as ações devidas ao vento devem ser suportadas pelo conjunto de componentes do revestimento e se deve utilizar um fator de segurança estabelecido por normas nacionais para determinar a carga de vento solicitante. Ainda, para garantir o desempenho, conforme a ETAG 004 ((EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS, 2013), deve-se consultar as normas de cada país referentes ao dimensionamento as cargas de vento, a localidade e considerar a arquitetura da edificação, pois, para atendê-las, pode-se necessitar de uma quantidade maior de fixações mecânicas que a considerada mínima obrigatória.

Collina e Lignola (2010) afirmam que a qualidade do isolante influencia na estabilidade, mas um fator predominante é a aplicação do adesivo, a qual deve ser feita em toda a superfície da placa de EPS. A **Fotografia 4** mostra a queda do revestimento de toda uma fachada, permitindo-se verificar que o adesivo foi aplicado inadequadamente.

Fotografia 4 – Falha na estabilidade



Fonte: Moreira (2015)

5 Conclusão e considerações finais

O estudo das características mecânicas do revestimento EIFS e de seus componentes, conforme apresentado, é importante para a verificação do desempenho estrutural desse revestimento, sendo a compatibilidade em termos de variação térmica entre os componentes do EIFS é a chave para o seu bom desempenho.

O substrato, de forma sucinta, deve garantir a estabilidade e atender suas normas específicas, e suas características definem o tipo de isolante e o modo de fixação. A resistência de aderência do adesivo (e camadas do *base coat*) é o que garante a atuação conjunta dos elementos.

O isolante aumenta a resistência térmica da parede, porém seu coeficiente de dilatação e seu módulo de elasticidade diferem dos outros componentes. Sua dilatação causa tensões que exigem maior resistência de aderência. Assim, sua resistência à tração também deve ser verificada de forma que esse suporte as tensões de arrancamento. O *base coat* atua de forma a conter as dilatações, e os componentes auxiliares são importantes reforços. As fixações mecânicas no tipo de EIFS tratado neste artigo são suplementares, porém são importantes para auxiliar a manutenção da estabilidade em todos os tipos de EIFS.

Observa-se que quanto mais próximos os valores dos coeficientes de dilatações térmicas dos componentes e do substrato, mais próximos os valores de suas deformações térmicas e melhor o desempenho. O conhecimento do comportamento mecânico do revestimento justifica a necessidade de aplicação de adesivo em toda a superfície da placa de isolante, pois a falta desse faz com que o comportamento mecânico do revestimento se assemelhe ao de uma viga simplesmente apoiada, surgindo tensões que não podem ser suportadas. Observa-se ainda que a quantidade mínima de fixações mecânicas deve ser utilizada em todos os tipos de revestimentos EIFS, além das razões expostas, em favor da segurança.

6 Referências

ANTUNES, Giselle Reis. **Contribuição para avaliação de desempenho de revestimentos de argamassa reforçados com telas metálicas**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/148684>. Acesso em: 04 jun. 2018.

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE MORTEROS Y ET AL SATE. **Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)**. ANFAPA Disponível em: <http://www.anfapa.com/es/sate>. Acesso em: 22 set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752-2016**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas define poliestireno expandido. Rio de Janeiro, 2016.

BARREIRA, Eva; FREITAS, Vasco de Peixoto. **External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS): an Evaluation of Hygrothermal Behaviour**. Suíça: Springer International Publishing AG Switzerland is part of Springer Science+business Media, 2016. 71 p.

COLLINA, Amilcare; LIGNOLA, Gian Piero. The External Thermal Insulation Composite System (EIFS) More than comfort and energy saving. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 2010, Lisboa, Portugal. **Comunicações...** Lisboa: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2010. p. 1 - 11. Disponível em: http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper_09_2010.pdf. Acesso em: 08 nov. 2017.

DUARTE, Carlos. **Monografias APFAC sobre Argamassas de Construção**: Tema 3 - Argamassas de Reboco e Monomassas (EN 998-1). Lisboa, Portugal: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2008. 61 p. Disponível em: http://www.apfac.pt/monografias/Monografia_Rebocos_e_Monomassas_v1Mai08.pdf. Acesso em: 10 nov. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2019 – Relatório Síntese / Ano Base 2018**. Rio de Janeiro: EPE, 2019. 67 p. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-470/Relatorio%20Síntese%20BEN%202019%20Ano%20Base%202018.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2020.

EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. **ETAG 004**: Guideline for european technical approval of external thermal insulation composite systems with rendering. Brussels: EOTA, 2013. 143 p. Disponível em: <http://www.apfac.pt/docs/2011-1st-progress-file-etag-004.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2018.

FREITAS, Vasco Manuel Araújo Peixoto de; GONÇALVES, Pedro Filipe. **Isolamento térmico de fachadas pelo exterior – Reboco Delgado Armado sobre Poliestireno Expandido – EIFS**. Porto: FEUP - Unidade de Formação Contínua, 2015. 66 slides, color. Disponível em: <https://paginas.fe.up.pt/~vpfreita/EIFS.pdf>. Acesso em: 30 set. 2017.

FREITAS, Vasco Manuel Araújo Peixoto de; MIRANDA, Andreia Mota. **Patologias de sistemas de isolamento térmico pelo exterior do tipo ETICS**. Porto: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e Etics, 2014. 37 p. (Relatório – LFC-IC-282A). Disponível em: <https://www.apfac.pt/patologias/LFC-IC-282A-2014.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

MALANHO, Sofia de Olivença. **Avaliação do desempenho de EIFS com acabamento de ladrilhos cerâmicos**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal, 2012. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/9425>. Acesso em: 30 nov. 2017.

MAPEI SPA. **Technical Notebook MAPETHERM – External thermal insulation composite system for buildings**. Milan, Italy: Mapei Spa, 2011. 52 p. Disponível em: <https://www.ribaproductselector.com/Docs/3/09563/external/COL238656.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MOREIRA, Nelson. **Patologias de Sistemas do tipo ETICS**: Porto, PT, 2015. 12 slides, color. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54679380-Patologias-de-sistemas-de-isolamento-termico-pelo-exterior-do-tipo-etics.html>. Acesso em: 25 jan. 2019.

PERDIGÃO, Mário Nuno Lopes Vitorino. **Análise de Ciclo de Vida de duas soluções de EIFS**. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa - PT, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/3408/1/Dissertação.pdf>. Acesso em: 08 set. 2017.

PEREIRA, Fernando Pedro Fernandes. **Avaliação laboratorial do desempenho do EIFS**. 2009. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil - Especialização em Construções, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto - PT, 2009. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/60469/1/000135685.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2017.

PRIMO, André Duarte de Oliveira. **Estudo da durabilidade de materiais e sistemas construtivos: Sistema EIFS**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Integrado em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2008. Disponível em: [https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59584/2/Texto integral.pdf](https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59584/2/Texto%20integral.pdf). Acesso em: 11 nov. 2017.

SILVA, Luís Prata. **Patologias de sistemas de isolamento térmicos pelo exterior tipo ETICS**. Porto: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2015. 12 slides, color. Disponível em: <https://docplayer.com.br/54679380-Patologias-de-sistemas-de-isolamento-termico-pelo-exterior-do-tipo-etics.html>. Acesso em: 25 jan. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Diretrizes para avaliação técnica de produtos diretriz SINAT nº 005** – revisão 02: Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo "Light Wood Framing"). Brasília: SINAT, 2017. 71 p. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=e4d0ffb0-df04-46c0-9b03-170fd4819db9&text=.pdf&cd=1876>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

SOUSA, Luís Filipe Tavares Teixeira de. **Durabilidade da construção. Estimativa da vida útil – ETICS**. 2010. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/58981/1/000143518.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2017.

VEIGA, Maria do Rosário; MALANHO, Sofia. **ETICS e argamassas térmicas: novos desafios de desempenho e sustentabilidade**. Lisboa: LNEC, 2006. 52 p.

VEIGA, Maria do Rosário; MALANHO, Sofia. Sistemas Compósitos de Isolamento Térmico pelo Exterior (EIFS): Comportamento global e influência dos componentes. In: CONGRESSO PORTUGUÊS DE ARGAMASSAS DE CONSTRUÇÃO, 3., 2010, Lisboa, Portugal. **Comunicações...** Lisboa: Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas de Construção, 2010. v. 1, p. 1 - 12. Disponível em: http://www.apfac.pt/congresso2010/comunicacoes/Paper_07_2010.pdf. Acesso em: 28 nov. 2017.

ZAGORSKAS, Jurgis et al. Energetic Refurbishment of Historic Brick Buildings: Problems and Opportunities. **Scientific Journal of Riga Technical University. Environmental and Climate Technologies**, v. 12, n. 1, p. 20-27, 1 Dec. 2013. <http://dx.doi.org/10.2478/rtuect-2013-0012>. Disponível em: https://scholar.google.com.br/scholar?q=Energetic+Refurbishment+of+Historic+Brick+Buildings:+Problems+and+Opportunities&hl=pt-BR&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart. Acesso em: 04 nov. 2019.

