UTILIZAÇÃO DO ENSAIO DE MODO MISTO PARA AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA DE REVESTIMENTOS NA INTERFACE PLACA CERÂMICA-ARGAMASSA COLANTE

Tema: Métodos de ensaio.

Grupo[1]: 1

MELO, A.C.[1], COSTA E SILVA, A.J.[2], TORRES, S.M.[3], NASCIMENTO, C. [4]

[1]Doutoranda Engenharia de Materiais, Universidade Federal da Paraíba, anne.carolinemelo@hotmail.com
[2]Prof. Dr., Universidade Católica de Pernambuco, angelo@tecomat.com.br
[3]Prof. Dr., Universidade Federal da Paraíba, sandromardentorres@yahoo.co.uk
[4]Graduando Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, carlosfernando.gn@gmail.com

RESUMO

No Brasil costuma-se avaliar a fixação à base dos revestimentos cerâmicos com o ensaio de resistência de aderência à tração direta. Contudo, fundamentado nos conhecimentos da mecânica da fratura, o experimento apresentado no presente estudo avaliou a ação simultânea de tração e cisalhamento em argamassas colantes, a partir do modo de fratura tipo III (MMF – Mode Mixed Flexure), simulando mais fielmente o que acontece em campo. Os resultados indicaram sensibilidade do método não apenas para avaliar a capacidade mecânica das argamassas (ACII e ACIII) sob a ação das diferentes ações, bem como a energia necessária para a perda de aderência do sistema.

Palavras-chave: revestimento cerâmico, aderência, fachada, interface, MMF.

USE OF THE JOINT MODE TEST FOR ASSESSING THE ADHERENCE OF COATINGS IN THE INTERFACE PLATE CERAMIC-ADHESIVE MORTAR

ABSTRACT

In Brazil the fixation to the base of the ceramic coatings is usually evaluated with the resistance test of adhesion to the direct traction. However, based on the knowledge of the fracture mechanics, the experiment presented in the present study evaluated the simultaneous action of traction and shear in adhesive mortar from the mode III Fracture mode (MMF), simulating more faithfully what happens in the field. The results indicated the sensitivity of the method not only to evaluate the mechanical capacity of the mortars (ACII and ACIII) under the action of the different actions, as well as the energy required for the loss of adhesion of the system.

Key-words: ceramic coating, adhesion, façade, interface, MMF.

[1] Grupo 1: Oriundos de Teses, Dissertações e Relatórios finais de projetos de pesquisa; ou Grupo 2: oriundos de disciplinas de PG, Iniciação Científica, Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

Alguns pesquisadores consideram que a vida útil das fachadas é influenciada pelo comportamento das propriedades dos elementos (sistemas) e dos seus componentes (subsistemas), e da interação entre estes ao longo do tempo[1,2]. Para Botas *et al.*[3] o envelhecimento dos materiais e os agentes agressivos externos são duas condicionantes que levam à perda de função dos elementos constituintes do sistema de revestimento ao longo do tempo, proporcionando falta de adesão das argamassas e deficiência de aderência na interface argamassa/placa cerâmica.

Os descolamentos de revestimentos cerâmicos de fachadas podem ocorrer por ruptura adesiva nas interfaces entre placa cerâmica e argamassa colante, argamassa colante e emboço, emboço e chapisco e chapisco e substrato, ou ainda por ruptura coesiva, no interior de qualquer uma destas camadas[4]. Em levantamento de manifestações patológicas em revestimentos com placas cerâmicas, observou-se que em 84% dos edifícios analisados houve o descolamento com ruptura adesiva na interface placa cerâmica/argamassa colante[5]. Isso se dá em razão que esta interface é a região do sistema de revestimento mais solicitada por esforços de cisalhamento, quando são considerados efeitos térmicos e de expansão higroscópica das placas cerâmicas[6, 7].

Alternativas que possam ser usadas para mensurar a aderência dos revestimentos às fachadas tornam-se cada vez mais indispensáveis para o avanço da tecnologia de revestimentos aderidos. A adesão interfacial é uma propriedade importante para as estruturas de revestimento, uma vez que a fraca adesão interfacial resulta frequentemente no descolamento do revestimento do substrato e, consequentemente, no colapso do sistema[8].

As resistências à fratura medidas para a maioria dos materiais frágeis, tais como argamassas de base cimentícia, são significativamente menores do que aquelas previstas através de cálculos teóricos baseados nas energias de ligações atômicas. Segundo Callister[9] essa discrepância é explicada pela presença de defeitos, ou trincas, muito pequenos, microscópicos, que sempre existem em condições normais na superfície e no interior do corpo de um material. Esse autor ainda complementa que todos os materiais frágeis contêm uma população de pequenas trincas e defeitos que possuem uma variedade de tamanhos, geometrias e orientações. Quando a magnitude de uma tensão de tração na extremidade de um desses defeitos excede o valor dessa tensão crítica, ocorre a formação de uma trinca que então se propaga, o que resulta na fratura.

Na presente pesquisa foi utilizado o modo de propagação de fissura tipo III, ou Mixed Mode Flexure (MMF), como método de avaliação da aderência das peças cerâmicas coladas com argamassa colante, onde tensões induzidas de tração e cisalhamento são impostas ao corpo de prova. Este ensaio experimental também fornece um parâmetro qualitativo, qual seja o tipo de dano observado em cada interface.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL: MATERIAIS E MÉTODOS

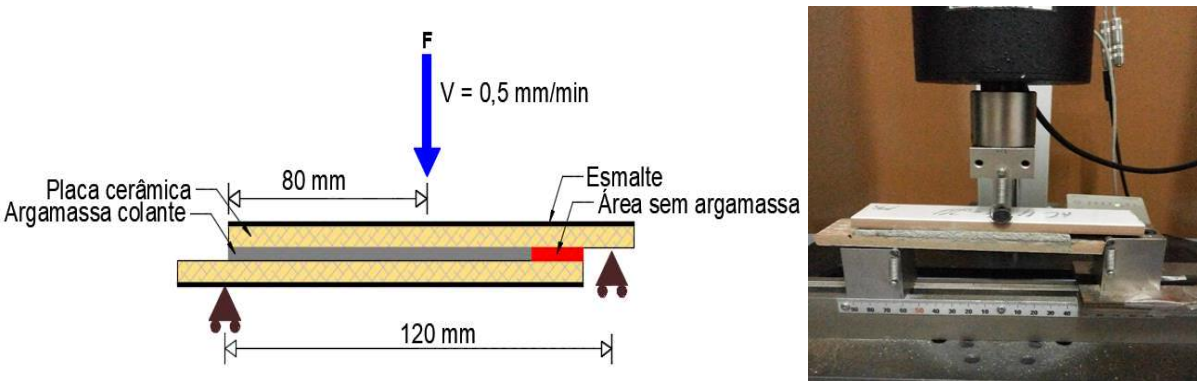
O presente estudo, de caráter experimental, foi desenvolvido na dissertação de mestrado de Melo[10], com base no estudo de Rêgo[11], para avaliação da aderência de placas cerâmicas submetidas a esforços simultâneos de tração e cisalhamento em modo misto (Mixed Mode Flexure – MMF). Foram utilizadas duas placas cerâmicas, com dimensões de (4x16)cm, coladas com argamassa colante, as quais são bi apoiadas e recebem carga normal no meio do vão, gerando esforços centrais de flexão (Figura 1).

A fim de simular condições reais observadas em campo, foram adotadas as seguintes variáveis:

- **Tipo de argamassa colante**: AC II e AC III;
- **Espessura da argamassa colante**: 2mm, 4mm e 7mm;
- **Falha induzida de preenchimento da argamassa colante**: 0mm (referência), 5mm, 10mm e 20mm.

Considerando a interação entre as variáveis se chega a 24 famílias de estudo, cada qual com 5 amostras, o que totaliza 120 corpos de prova. Essas amostras foram armazenadas por 28 dias em regime de cura normal (condições de laboratório, com temperatura média de 22°C e umidade relativa de 90%).

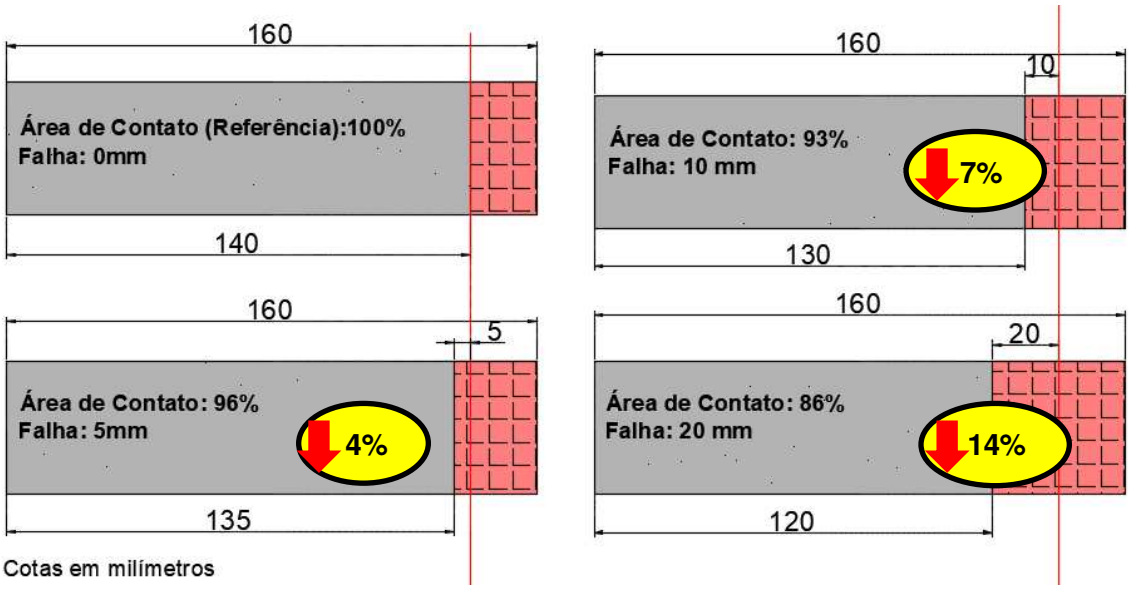
Figura 1: Desenho esquemático e ensaio mecânico de modo misto



Fonte: Melo[10]

No que se refere ao tamanho das falhas, é fundamental destacar que esse problema reflete as falhas tão comumente verificadas na execução de revestimentos cerâmicos, especialmente em fachadas. Por isso, a extensão de aderência das amostras nesta pesquisa apresenta-se de quatro maneiras distintas. A Figura 2 apresenta a condição sem falhas induzidas e com falha induzida de 5 mm, 10 mm e 20 mm.

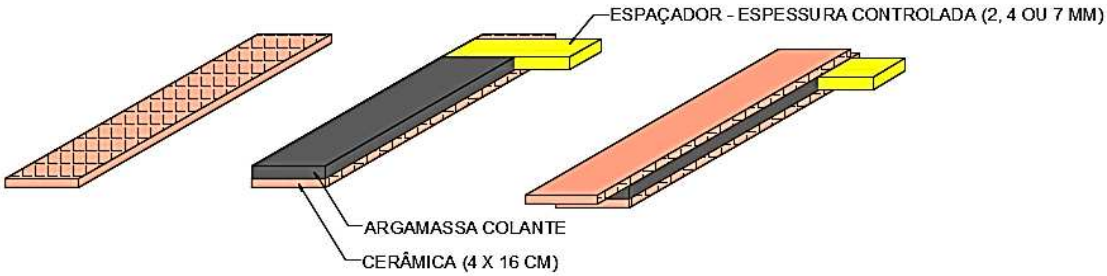
Figura 2: Extensão de aderência nos corpos de prova



Fonte: Melo[10]

Durante a preparação dos corpos de prova, foram utilizadas argamassas colantes de um mesmo fornecedor do mercado nacional, e placas cerâmicas do tipo semi grês (absorção de água de 3,5%). Para a assegurar as espessuras da argamassa colante foram confeccionados espaçadores emborrachados de EVA (acetato-vinilo de etileno), os quais também permitiam regular a redução nas áreas de contato com a placa cerâmica (Figura 3).

Figura 3 - Esquema dos corpos de prova produzidos



Fonte: Melo[10]

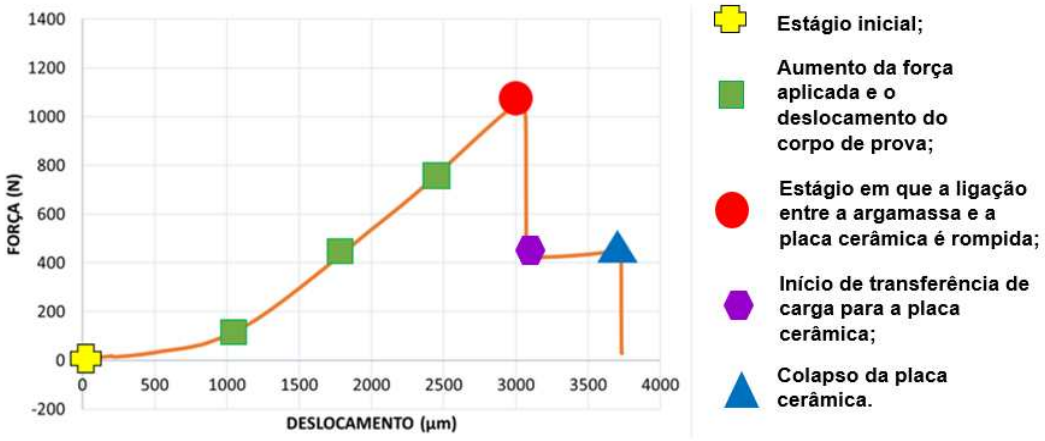
2.1. Ensaio mecânico de modo misto (MMF)

O ensaio MMF, aplicado a juntas adesivas, baseia-se na aplicação de uma força na metade do vão de um corpo de prova formado pelas duas placas cerâmicas paralelas coladas com um determinado adesivo, onde o substrato superior é mais comprido que o inferior. Desta forma, na extremidade, onde se encontra localizada a pré-fenda, o apoio é apenas realizado pelo substrato superior[12].

A pré-fenda, criada ainda na fase de preparação dos corpos de prova, é essencial para uma propagação de fenda mais controlada. Na presente pesquisa as dimensões dos substratos eram fixas, variando apenas a espessura do adesivo utilizado (argamassa colante) e o tamanho da falha induzida. Vale salientar também que a geometria deste corpo de prova favorece o aparecimento de tensões de tração diretas à medida que a força é aplicada, mas também proporciona uma tensão cisalhante induzida ao se propagar a fissura na interface entre a placa cerâmica e a argamassa colante.

Como resultado do experimento, são obtidas curvas conforme a descrição apresentada na Figura 4. A partir desses dados se pode verificar a resistência de aderência na interface entre a placa cerâmica e a argamassa colante, por consequência a relação entre as perdas de aderência e a redução nas áreas de contato, bem como a energia de fratura para cada tipo de argamassa, a partir do cálculo da área sob a curva.

Figura 4: Curva representativa dos estágios de propagação da fissura



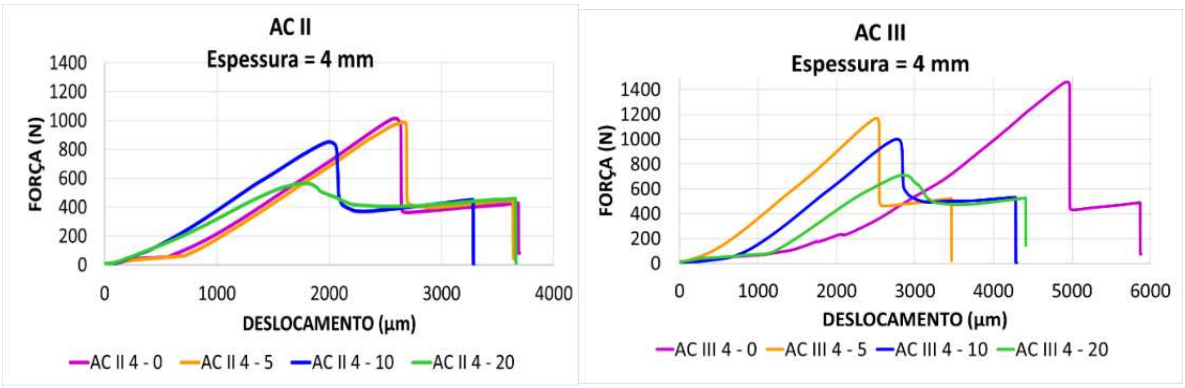
Fonte: Melo[10]

Os ensaios mecânicos de propagação de fissuras em modo misto realizados foram conduzidos no laboratório de solidificação rápida da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), por meio do equipamento de ensaios universais da Shimadzu Servopulser, com velocidade de aplicação de 0,5 mm/s e célula de carga com capacidade máxima de 10 KN.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A fim de permitir avaliar a adequação do método para a análise, apresentam-se a seguir os resultados obtidos com as argamassas ACII e ACIII, apenas com espessura de 4mm (Figura 5). Os demais valores podem ser encontrados na dissertação da autora (Melo, 2018)[10].

Figura 5: Curvas de propagação da fissura no ensaio MMF para as argamassas AC II e AC III Espessura 4mm



Fonte: Melo[10]

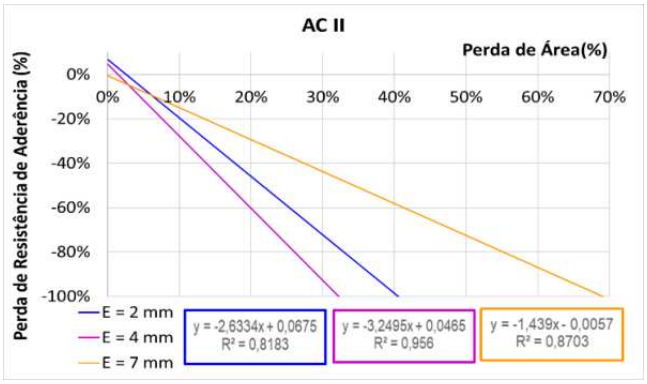
Como esperado, percebe-se a redução das cargas máximas de ruptura da aderência na medida em que se incrementa o percentual de falhas na interface entre a argamassa colante e a placa cerâmica. Tomando como exemplo a ACII, pode-se obter uma correlação entre o percentual de perdas e as falhas de aderência, conforme Tabela 1 e Figura 6.

Tabela 1: Diminuição da resistência de aderência em função da área de contato no ensaio MMF

E = 4mm			
Falha	Perda de Área	R (N)	% Diminuição da Resistência
0 mm	0%	1014,8	*referência*
5 mm	4%	989,0	-3%
10 mm	7%	852,5	-16%
20 mm	14%	566,1	-44%

Fonte: Melo[10]

Figura 6: Projeção linear da perda de resistência em função da perda da área de contato na AC II



Fonte: Melo[10]

Para a avaliação da energia necessária para ruptura (descolamento) na interface entre argamassa colante e placa cerâmica, pode-se comparar o valor das áreas sob as curvas carga *versus* deformação obtidas no ensaio de MMF. Como exemplo apresenta-se os valores das argamassas ACII e ACIII com espessura de 4mm (Tabela 2).

Tabela 2 – Tenacidade calculada para espessura = 4mm

FAMÍLIA	AC II	AC III	DIFERENÇA PERCENTUAL
	TENACIDADE (N/mm)	TENACIDADE (N/mm)	
4-0	90,4	106,5	18%
4-5	87,9	109,4	24%
4-10	72,0	98,9	37%
4-20	57,3	80,0	40%

Fonte: Melo[10]

O aumento encontrado nessa propriedade quando se utiliza argamassa ACIII, em comparação com a ACII, corrobora com a atual exigência da ABNT NBR 13755[13] de se obrigar o emprego desse tipo de produto em fachadas, a fim de assegurar melhor comportamento mecânico do sistema de revestimento.

4. CONCLUSÕES

Dentro do objetivo da pesquisa, que consiste em contribuir com o entendimento da aderência de revestimentos cerâmicos assentados com argamassa colante, são apresentadas as seguintes conclusões:

- o ensaio de aderência em modo misto de tensões (tração e cisalhamento) mostrou-se aplicável para a determinação da resistência de aderência na interface de revestimentos cerâmicos colados com adesivos cimentícios;
- o método permite identificar a perda de aderência decorrente da redução na área de contato entre argamassa colante e placa cerâmica, possibilitando, até mesmo, um cálculo para correlação entre as mesmas;
- a avaliação da área sob a curva encontrada no ensaio permite avaliar a energia de ruptura na aderência da interface, o que é muito importante para o entendimento dos problemas de aderência entre essas superfícies.

REFERÊNCIAS

1. HOVDE, P**. CIB W080/RILEM 175 SLM**, Trondheim, Noruega (2004) 1-51.

2. BAUER, E.; CASTRO, E. K.; SILVA, M.N.B. **Estimativa da degradação de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso de edifícios de Brasília.** Revista Cerâmica, volume 61, nº 358, p 151-159. São Paulo, 2015.

3. BOTAS, S.; VEIGA, R; VELOSA, A. **Air lime mortars for conservation of historic tiles: Bond strength of new mortars to old tiles.** Construction and Building Materials, v 145, p 426-434, 2017.

4. MANSUR, A. A. P. **Mecanismo físico-químico de aderência na interface argamassa modificada com polímeros/cerâmica de revestimento.** Tese (Doutorado), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.

5. MANSUR, A. A. P.; DO NASCIMENTO, O. L.; MANSUR, H. S., **"Mapeamento de Patologias em Sistemas de Revestimento Cerâmico de Fachadas"**, Construindo, v. 4, n. 01, p. 64. 2012.

6. ABREU, M.; LEITÃO, V.; LUCAS, J.C. **Modeling the Behavior of Ceramic Tile Coverings**. VIII World Congress on Ceramic Tile Quality – Qualicer, Castellón: (España), p. 3. 2004.

7. SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; BEZERRA, L. M. **Análise das tensões entre argamassa colante e placas cerâmicas submetidas a esforços de natureza térmica**. Revista Ambiente Construído, v. 2, n. 2, pp. 47-56. 2001.

8. NIE, P.; SHEN, Y.; CHEN, Q.; CAI, X. **Effects of residual stresses on interfacial adhesion measurement.** Mechanics of Materials, v 41, p 545-552, 2009.

9. CALLISTER JR.,WILLIAM D. **Ciência Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. RIO DE JANEIRO: LTC, 2008.

10. MELO, A. C. **Contribuição ao estudo da influência da área de contato na aderência da interface argamassa colante-cerâmica**. Dissertação de Mestrado da Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE. 2018. 118p.

11. RÊGO, S.R. **Aderência de placas cerâmicas submetidas a variações térmicas cíclicas**. Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2008.

12. SOARES, A. P. O. A. L. **Determinação da tenacidade à fratura de adesivos estruturais em modo misto pelo ensaio Single-Leg Bending**. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto – Departamento de Engenharia Mecânica . Porto, 2015.

13. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755: Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação – Procedimento.** Rio de Janeiro, 2017.