



Avaliação da aderência de placas cerâmicas aplicadas como revestimento de fachada

P. Valentini¹, C. S. Kazmierczak².

¹Curso de Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Brasil.

Información del artículo

DOI:

<http://dx.doi.org/10.21041/ra.v6i2.133>

Artículo recibido el 04 de septiembre de 2015, revisado bajo las políticas de publicación de la Revista ALCONPAT y aceptado el 02 de diciembre de 2015. Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el primer número del año 2017 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del tercer número del año 2016.

© 2016 ALCONPAT Internacional

Información Legal

Revista ALCONPAT, Año 6, No. 2, Abril – Junio 2016, es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A.C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, Tel. 5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org
Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida Yucatán, C.P. 97310, fecha de publicación: 30 de mayo de 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

RESUMO

Dentre as manifestações patológicas que podem ocorrer em revestimentos cerâmicos os descolamentos são considerados as mais sérias, devido aos riscos de acidentes em decorrência da queda de placas e por seu custo de reparo. Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência das propriedades de diferentes placas cerâmicas aplicadas com dois tipos de argamassa colante e submetidas a três diferentes condições de cura (estabelecidas pela norma ABNT 14.081-4:2012) na resistência de aderência do sistema de revestimento. Observou-se que o tipo de cura é a variável que apresenta influência mais significativa na resistência de aderência, seguida pelo tipo de argamassa colante, enquanto a placa cerâmica exerce pouca influência em uma análise global dos resultados.

Palavras-chave: aderência; revestimento cerâmico; argamassa colante.

ABSTRACT

The most serious pathology in ceramic tile is detachment because of the risk of accidents due to fall and the cost of repair. This research aims to evaluate the influence of ceramic plates applied with two types of adhesive mortar subjected to three different curing conditions (established by the ABNT 14081-4:2012) on the adhesion to the coating system. It was observed that cure is the variable with higher influence on the adhesive strength, followed by the type of adhesive mortar, while the water absorption of ceramic plate has a little influence on the results.

Keywords: adherence; ceramic tiles; adhesive mortar.

RESUMEN

Dentro de las manifestaciones patológicas que pueden ocurrir en azulejos de cerámica se encuentra la pérdida de adherencia considerada la más seria debido a los riesgos de accidentes por el efecto de las caídas y el costo de la reparación. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la influencia de las propiedades de diferentes placas de cerámica aplicadas con dos tipos de mortero de pega y sometidos a tres diferentes condiciones de curado (establecidas por la norma ABNT 14.081-4:2012) en la resistencia de adherencia del sistema de revestimiento. Se observó que el tipo de curado es la variable que presenta la influencia más significativa en la resistencia de adherencia, seguida por el tipo de mortero de pega, ya que el azulejo de cerámica ejerce poca influencia una vez hecho un análisis global de los resultados.

Palabras Clave: adherencia; azulejo de cerámica; mortero de pega.

Autor a contactar: Claudio. S. Kazmierczak (claudiok@unisinis.br)

1. INTRODUÇÃO

Dentre as manifestações patológicas que podem ocorrer em revestimentos cerâmicos se destacam o descolamento de placas, as trincas, o gretamento, a eflorescência e a deterioração das juntas (Campante e Baía, 2008). Dentre as citadas, os descolamentos de revestimentos cerâmicos são considerados os mais sérios, devido aos riscos de acidentes em decorrência da queda de placas ou parte de camadas bem como o custo para o seu reparo (Campante e Baía, 2008; Mansur, 2007).

Os descolamentos têm como característica principal a perda de aderência das placas cerâmicas com o substrato ou com a argamassa de fixação, em função das tensões ocorridas no revestimento cerâmico excederem a capacidade de aderência das ligações dessas camadas (Barros e Sabatini, 2001). Fatores externos como o choque térmico, a chuva dirigida, a radiação solar e a umidade são os que exercem mais influência na degradação do sistema de revestimento de fachada (Antunes, 2010).

Um expressivo agente de degradação dos revestimentos cerâmicos de fachadas é a variação de temperatura (Consoli, 2006). A variação térmica em um mesmo dia, na cidade de Porto Alegre - RS, por exemplo, pode ser muito alta, gerando gradientes de temperatura na ordem de até 50°C na superfície da fachada. Em uma pesquisa visando a avaliação da durabilidade de sistemas de revestimento cerâmico, realizados com placas cerâmicas e argamassas colantes aplicadas em substratos de concreto, através da indução de tensões de natureza térmica (Chew, 1992), foi constatada uma redução de cerca de 20% na resistência de aderência à tração das placas, quando comparados aos sistemas que não passaram pela ação dos ciclos.

Outro importante agente de degradação das fachadas é a umidade, que se caracteriza pela existência de água nos materiais nas formas líquida, sólida ou vapor (Ribeiro, 2006). A movimentação higroscópica é uma importante causa do descolamento de placas cerâmicas (Bauer, 1995; Ribeiro, 2006). Para limitar as movimentações higroscópicas em revestimentos cerâmicos de fachada, é recomendável a adoção de placas cerâmicas de baixa absorção de água (Goldberg, 1998). Pensando nisso, a norma britânica BS 5385-2 (BSI, 2015) especifica, tanto para placas cerâmicas extrudadas como prensadas, a utilização em fachadas de placas com absorção de água inferior a 3%. Em contraponto, a norma brasileira NBR 13.818 (ABNT, 1997) não apresenta limite específico. Em ensaios realizados em três condições de umidade distintas em placas cerâmicas: secas ao ar, com 0,2% de umidade; submetidas à passagem de brocha com água sobre o tardos, resultando em 2,0% de umidade; e imersas em água por um período de 30 segundos, sendo estas mantidas na vertical antes do assentamento, de modo a escorrer a água em excesso, resultando em 8,5% de umidade, verificou-se que a maior aderência entre placa cerâmica e argamassa colante ocorreu com peças secas e houve uma redução de aderência à medida que aumentava o teor de umidade da placa no momento da aplicação (Bauer, 1995).

A durabilidade de um sistema de revestimento de fachada com placas cerâmicas depende, portanto, das condições de exposição. Os movimentos de contração e expansão decorrentes de variações na temperatura e na umidade geram tensões na interface com o substrato, que ao longo do tempo irão resultar em descolamentos. Os descolamentos de revestimentos cerâmicos de fachadas podem ocorrer por ruptura adesiva nas interfaces placa cerâmica/argamassa colante, argamassa colante/emboço, emboço/chapisco e chapisco/substrato, ou ainda por ruptura coesiva no interior de qualquer uma destas camadas (Mansur, 2007). 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 (Mansur, Do Nascimento e Mansur, 2012). 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 (Abreu, Leitão e Lucas, 2004; Saraiva, Bauer e Bezerra, 2001).

Como as condições de exposição de determinada fachada dificilmente podem ser alteradas, a vida útil do revestimento irá depender fortemente das decisões de projeto e da qualidade da execução, que irão definir a resistência de aderência inicial do revestimento. A correta especificação da placa cerâmica, da argamassa adesiva e do procedimento de aplicação são fundamentais para este desempenho.

Neste trabalho, foi avaliada a relação entre a porosidade de placas cerâmicas (utilizando-se três tipos de placas cerâmicas com diferente absorção de água), a composição da argamassa colante (utilizando-se dois tipos de argamassa) e as condições de cura (sendo adotadas as três diferentes formas de cura estabelecidas pela norma ABNT 14.081-4:2012) na resistência de aderência do sistema de revestimento.

2. MATERIAIS UTILIZADOS

Foram avaliadas composições entre um substrato-padrão, placas cerâmicas com três diferentes teores de absorção de água, duas argamassas colantes e três condições de cura.

O substrato-padrão utilizado para os ensaios de adesão foi adquirido através de fornecedor normalizado pela ABNT, atendendo as exigências da NBR 14.081-2 (ABNT, 2012). A absorção dos blocos é de 0,3 cm³ de água no decorrer de 4 horas, estando abaixo do limite de 0,5 cm³ estabelecido pela norma.

Foram utilizadas placas cerâmicas prensadas com três diferentes níveis de absorção de água (IIa, IIb e III), determinados através da NBR 13.817 (ABNT, 1997). Para cada tipo de placa foram determinadas a absorção de água, segundo a NBR 13.818 (ABNT, 1997) e a absorção de água por capilaridade segundo as especificações do procedimento da RILEM TC 116 PCD (1999).

A Tabela 1 mostra os valores de absorção de água das placas cerâmicas.

Tabela 1. Absorção de água das placas cerâmicas.

| | BIIa | BIIb | BIII |
|----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Limite inferior | 3,01% | 6,01% | 10,01% |
| Resultado obtido no ensaio | 4,80% | 7,30% | 12,50% |
| Limite Superior | 6,00% | 10,00% | |

Todas as placas cerâmicas encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela NBR 13.817 (ABNT, 1997), confirmando a classificação do grupo de absorção indicado pelo fabricante.

O perfil de absorção de água (em g/cm²) obtido pelo procedimento da RILEM pode ser visualizado na Figura 1.

O valor médio de coeficiente de capilaridade da placa cerâmica tipo BIIa é de 0,046 g/cm².min^{1/2}, da placa BIIb 0,085 g/cm².min^{1/2} e da placa BIII 0,185 g/cm².min^{1/2}. As placas do grupo BIIa possuem o menor coeficiente de capilaridade, seguido pela BIIb e, por último as placas BIII, apresentando o mesmo comportamento observado nos ensaios de absorção de água.

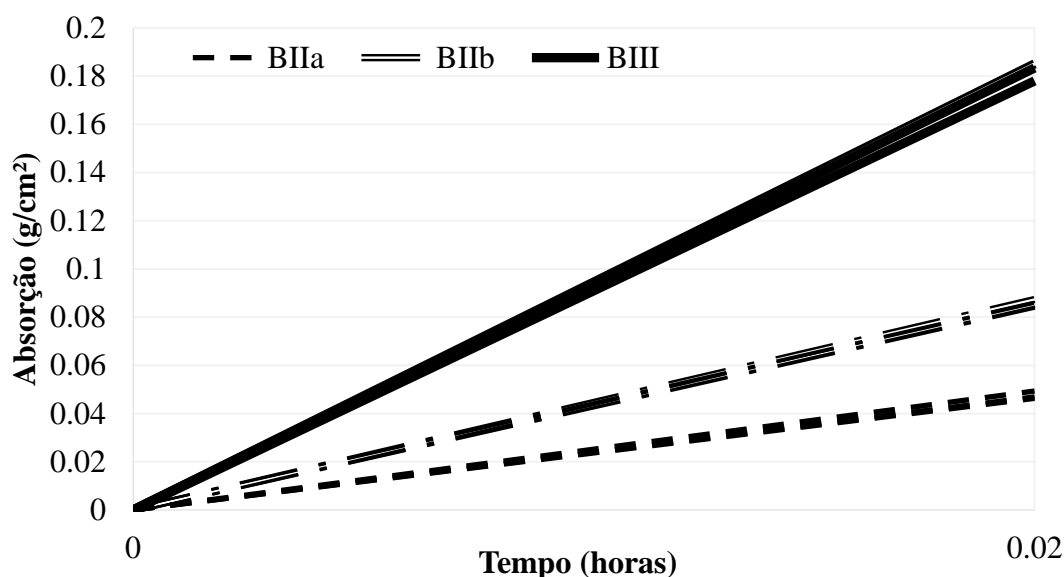


Figura 1. Perfil de absorção de água por capilaridade das placas cerâmicas.

Foram utilizadas argamassas colantes industrializadas para uso externo de dois tipos: argamassa colante industrializada tipo AC II e argamassa colante industrializada tipo AC III, que possui em sua composição mais aditivos promotores de aderência e retentores de água que as do tipo AC II. A argamassa colante tipo AC II utilizada no estudo é composta por cimento Portland CP IV (cimento pozolânico), areia e aditivos. De acordo com o fabricante, o aditivo “Ecocel Uno” tem a função de propiciar baixo deslizamento, trabalhabilidade e maior retenção de água. O produto “PLV 2000” é um polímero que proporciona aumento de resistência química e flexibilidade, além de melhor adesão. A argamassa colante tipo AC III, além dos materiais citados, possui formiato de cálcio. O formiato de cálcio é um acelerador de cura para sistemas a base de cimento Portland, promovendo aceleração nas reações químicas dos aluminatos e facilitando a dissolução da cal. Proporciona aumento do tempo em aberto, menor permeabilidade e aumento significativo da resistência da argamassa.

Os ensaios realizados no programa experimental estão relacionados na Tabela 2.

Tabela 2. Ensaio realizados e respectivas normas.

| Ensaio de caracterização | Norma utilizada |
|---|---------------------------|
| Ensaio no estado fresco | |
| Densidade de massa aparente | NBR 14.086 (ABNT, 2004) |
| Índice de consistência | NBR 13.276 (ABNT, 2005) |
| Retenção de água | NBR 13.277 (ABNT, 2005) |
| Determinação do deslizamento | NBR 14.081-5 (ABNT, 2012) |
| Determinação do tempo em aberto * | NBR 14.081-3 (ABNT, 2012) |
| Ensaio no estado endurecido | |
| Absorção por capilaridade | NBR 15.259 (ABNT, 2005) |
| Absorção de água total | NBR 9.778 (ABNT, 2005) |
| Resistência à tração na flexão | NBR 13.279 (ABNT, 2005) |
| Resistência à compressão | NBR 13.279 (ABNT, 2005) |
| Determinação da variação dimensional e de massa | NBR 15.261 (ABNT, 2005) |

- Obs.: para a execução deste ensaio foram utilizados dois conjuntos compostos por substrato padrão, placas cerâmicas do grupo de absorção BIII e argamassas colantes dos tipos AC II e ACIII preparadas conforme a NBR 14.081-2 (ABNT, 2012) sobre o substrato padrão na direção longitudinal

Dos ensaios realizados para a caracterização no estado endurecido, apenas o ensaio de resistência de aderência à tração é previsto por norma específica de argamassas colantes. Os demais ensaios foram adaptados a partir das normas de argamassas para revestimentos. Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Caracterização das argamassas no estado fresco e endurecido.

| Ensaio de Caracterização Argamassas Colantes: | Resultados: | | Limites especificados pelas Normas |
|---|--------------------|---------------|---|
| | AC II | AC III | |
| Estado Fresco | | | |
| Densidade de massa aparente - γ_s (g/cm ³) | 1,46 | 1,44 | - |
| Índice de consistência (mm) * | 213 | 214 | - |
| Retenção de água (%) * | 99 | 99 | - |
| Determinação do deslizamento (mm) | 0,1 | 0,1 | 2 |
| Estado Endurecido | AC II | AC III | |
| Coefficiente de capilaridade (g/dm ² .min ^{1/2}) * | 3,49 | 4,96 | - |
| Absorção de água total (%) * | 23,78 | 23,50 | - |
| Índice de vazios (%) * | 34,51 | 35,69 | - |
| Massa específica real (g/cm ³) * | 2,22 | 2,36 | - |
| Resistência à tração na flexão (MPa) * | 2,5 | 2,6 | Desvio abs. máx. ≤0,3MPa |
| Resistência à compressão (MPa) * | 3,9 | 4,3 | Desvio abs. máx. ≤0,5MPa |

* Adaptadas das normas específicas para argamassas de revestimento

No estado fresco, tanto a argamassas AC II como a AC III obtiveram resultados muito próximos, não sendo possível distingui-las a partir das propriedades medidas nestes ensaios. No ensaio de determinação do deslizamento as argamassas apresentaram o mesmo valor, inferior ao máximo permitido pela NBR 14.081-5 (ABNT, 2012), de 2mm. Na determinação do tempo em aberto, a AC II teve como resultado de 0,50 MPa e a AC III 0,62 MPa. Os valores obtidos nos ensaios atendem a NBR 14.081-3 (ABNT, 2012), que especifica um valor mínimo de 0,50 MPa. No estado endurecido, os resultados para ambas argamassas apresentaram valores muito próximos, exceto em relação à capilaridade, onde a argamassa AC III apresentou valor superior à AC II.

A argamassa colante do tipo AC III tem uma variação dimensional superior à da AC II, com forte variação nas primeiras idades, visualizada na Figura 2.

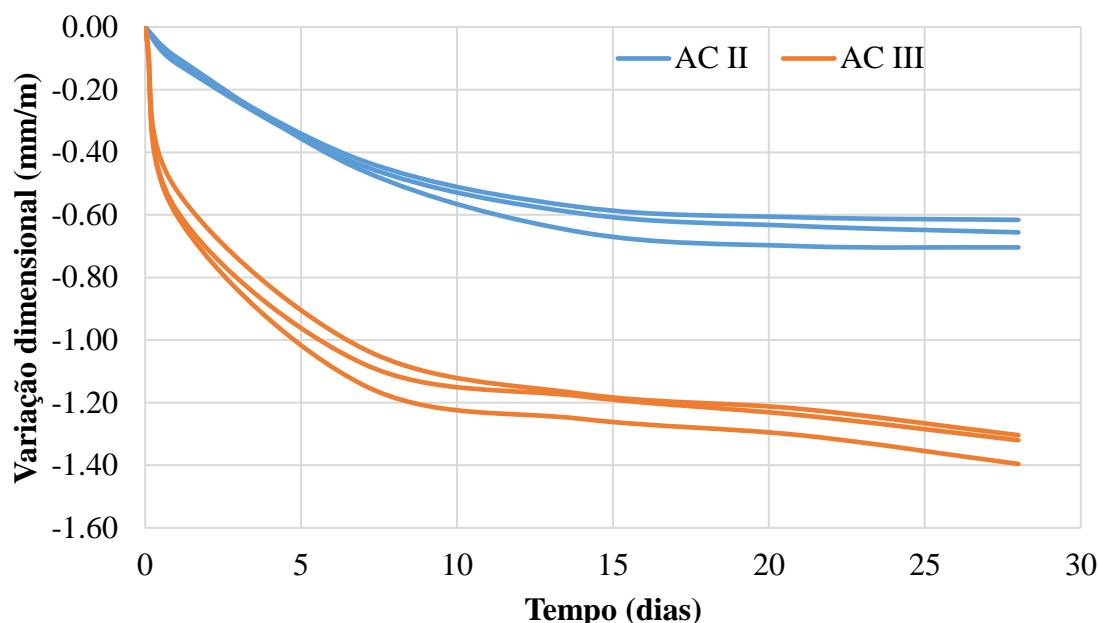


Figura 2. Variação dimensional das argamassas colantes.

Ambas as argamassas apresentam forte variação de massa nos primeiros dias (variando de 5 a 8%), porém, ao contrário do verificado na variação dimensional, a variação de massa foi maior para as argamassas colantes do tipo II. A partir do sétimo dia a variação das duas argamassas começou a se estabilizar, variando pouco até o final do ensaio, de acordo como apresentado na Figura 3.

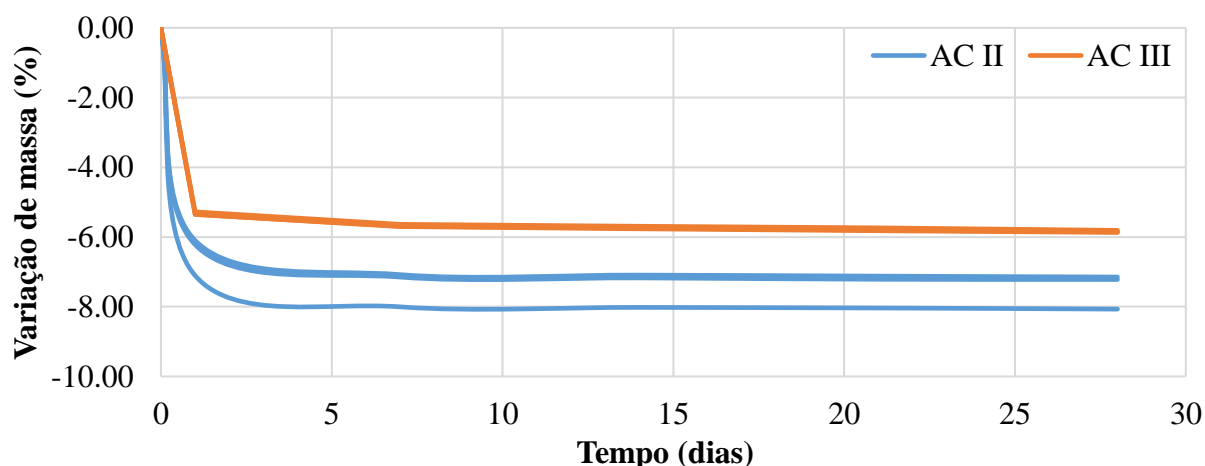


Figura 3. Variação de massa das argamassas colantes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO SOBRE A ADERÊNCIA DO SISTEMA SUBSTRATO-PADRÃO/ARGAMASSA COLANTE/PLACA CERÂMICA

Os diversos sistemas formados pelas combinações entre substrato-padrão/argamassa colante/placa cerâmica foram avaliados a partir da determinação da resistência de aderência à tração e da extensão

da aderência. As composições, totalizando dezoito conjuntos de dez exemplares, foram identificados do seguinte modo:

- II e III: Argamassas colantes do tipo II e III, respectivamente;
- BIIa, BIIb e BIII: Grupo de absorção de água das placas cerâmicas;
- N, IA e AE: Tipos de cura a que os conjuntos foram submetidos (normal, imersão em água e aquecimento em estufa, respectivamente). Os procedimentos procuram avaliar o comportamento da argamassa colante em diversas situações de cura: a condição normal simula uma condição ideal de aplicação; a cura imersa simula a ação de molhagem decorrente de chuva e empoças mentos que podem ocorrer em pisos, e a cura com estufa procura avaliar o efeito de intensa exposição ao sol durante o período de cura.

Após o assentamento das placas cerâmicas com utilização de argamassa colante sobre o substrato-padrão, os conjuntos foram submetidos a três condições de cura. Na cura normal (N) os conjuntos permaneceram durante 28 dias em condições ambientais de laboratório (temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de ar de $60 \pm 5\%$), conforme especificações da NBR 14.081-2 (ABNT, 2012). Na cura com imersão em água (IA) os conjuntos foram submetidos, durante sete dias, às condições de laboratório e, após, foram imersos em água a $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$, onde permaneceram durante vinte dias. Na cura com aquecimento em estufa (AE) os conjuntos foram submetidos durante 14 dias à condição de cura normal em ambiente de laboratório e então foram colocados em uma estufa com ventilação forçada com temperatura de $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$ até a idade de 28 dias.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado segundo a NBR 14.081-4 (ABNT, 2012), conforme visualizado na Figura 4. Em cada substrato, foram realizados dez ensaios avaliando a resistência de aderência à tração e a extensão de aderência, logo após o período de cura dos conjuntos. Os ensaios foram realizados seguindo as especificações da NBR 14.081-4 (ABNT, 2012), utilizando o equipamento da marca Dinatest, modelo DS2-DPU-1100, com capacidade máxima de 5000N.



Figura 4. Peças metálicas coladas sobre as placas cerâmicas aderidas ao substrato-padrão.

A Figura 5 demonstra a média dos resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência realizado nos conjuntos. Dos nove conjuntos de ensaio realizados com a argamassa colante tipo II, apenas os submetidos à cura normal atenderam ao valor de 0,5 MPa, mínimo requerido pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012). Apesar dos valores de resistência de aderência a tração das argamassas colantes tipo III serem superiores aos da argamassa tipo II, nenhum conjunto utilizando a argamassa colante tipo III alcançou o valor de aderência mínimo requerido pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012), de 1,0 MPa.

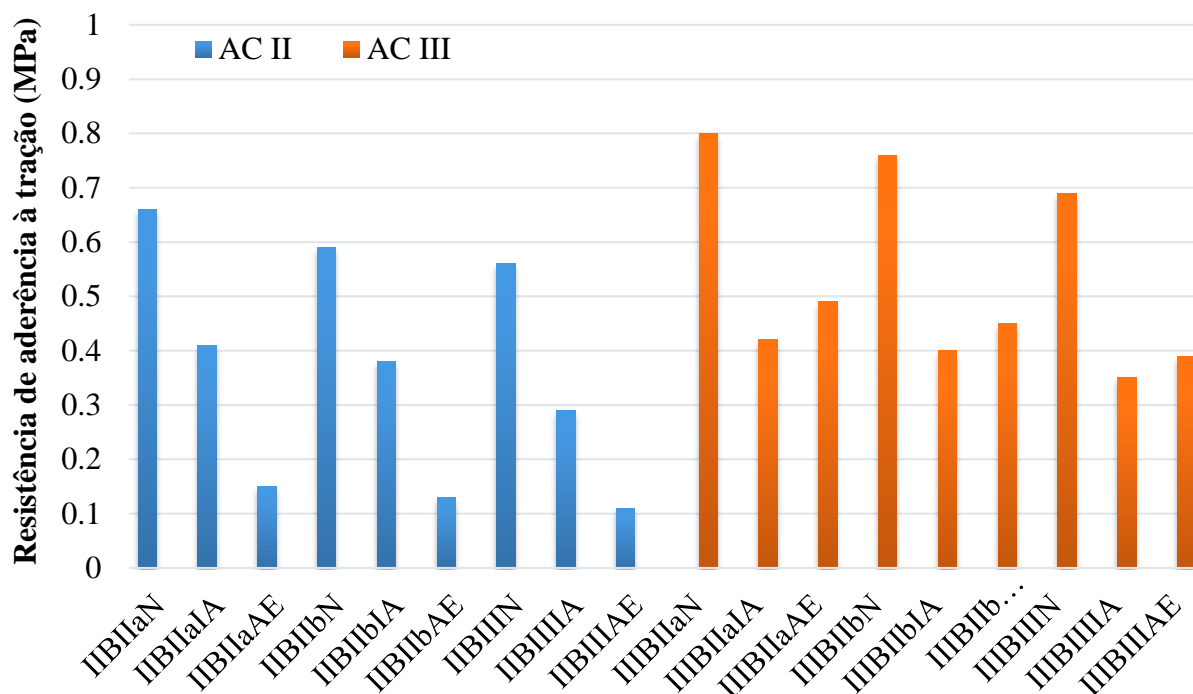


Figura 5. Resultados da resistência de aderência à tração dos conjuntos executados e valores mínimos à serem atingidos, segundo a NBR 14.081-1 (ABNT, 2012).

A influência das propriedades dos materiais na resistência de aderência dos conjuntos foi avaliada estatisticamente. Foi avaliada a significância do efeito das variáveis estudadas (variáveis independentes) na resistência de aderência à tração dos conjuntos (variável dependente), por meio de análise de variância (ANOVA). Os resultados da análise são visualizados na Tabela 4.

Tabela 4. Análise de variância das variáveis em estudo em relação à resistência de aderência.

| | Soma dos quadrados | Grau de liberdade | Soma dos quadrados médios | Valor da variância | Nível de significância |
|-------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|------------------------|
| Argamassa colante | 1200,50 | 1 | 1200,50 | 22,5133 | 0,000476 |
| Placa cerâmica | 245,78 | 2 | 122,89 | 2,3046 | 0,142235 |
| Cura | 5018,11 | 2 | 2509,06 | 47,0530 | 0,000002 |

Considerando-se um nível de significância de 5 % ($p < 0,05$), verifica-se que o tipo de cura é a variável que apresenta maior efeito significativo, seguida pelo tipo de argamassa colante.

Comparando-se as características das argamassas utilizadas, pode-se levantar hipóteses sobre o comportamento da resistência de aderência.

A maior resistência de aderência foi obtida no processo de cura N (cura ambiente em laboratório por 28 dias). No processo de cura IA (imersão em água) a resistência de aderência caiu para 60% na argamassa tipo AC II e 52% na argamassa AC III. Neste processo, a cura ocorre em temperatura e umidade ambiente por sete dias, e após ocorre imersão das peças. Considerando-se que as duas argamassas utilizadas no estudo são a base de cimento Portland pozolânico (com um teor de pozolanas próximo a 50%), pode-se estimar que o grau de hidratação aos sete dias ainda é pequeno,

e que a saturação decorrente da imersão resulta em uma expansão diferencial da placa cerâmica e/ou do substrato, resultando em tensões de cisalhamento na interface com a argamassa, que reduzem a aderência do sistema. No processo de cura AE (com estufa) a resistência de aderência caiu para 22% na argamassa AC II e 59% na argamassa AC III. Neste processo de cura é utilizado um tempo de cura de 14 dias seguido por aquecimento em estufa até a idade de 28 dias, o que prejudica fortemente o processo de cura do cimento pozolânico e ocasiona a mais baixa resistência de aderência. Na argamassa AC III, o fato da perda da resistência de aderência da cura com imersão em água quase se igualar a perda da resistência de aderência da cura com aquecimento em estufa se dá na presença de formiato de cálcio em sua composição, que acelera o aumento da resistência de aderência nas primeiras idades.

Observa-se que em todas as argamassas e condições de cura a resistência de aderência das placas cerâmicas BIIa foi superior ao das placas cerâmicas BIIb, que também foi superior à aderência das placas cerâmicas BIII. Este resultado tem uma relação direta com a absorção de água das placas cerâmicas, indicando que o excesso de absorção de água pode prejudicar a aderência.

A face interna das placas cerâmicas utilizadas no ensaio de aderência foi fotografada para determinação da extensão de aderência. Utilizou-se o programa AutoCAD, aplicando-se o comando “polilinha” e traçando manualmente as bordas da região aderida. Ao final da execução dos traçados, estes foram hachurados e determinada a área. A Figura 6 (direita) mostra a hachura com o traçado marcado pela cor branca e com aplicação de efeito transparente.

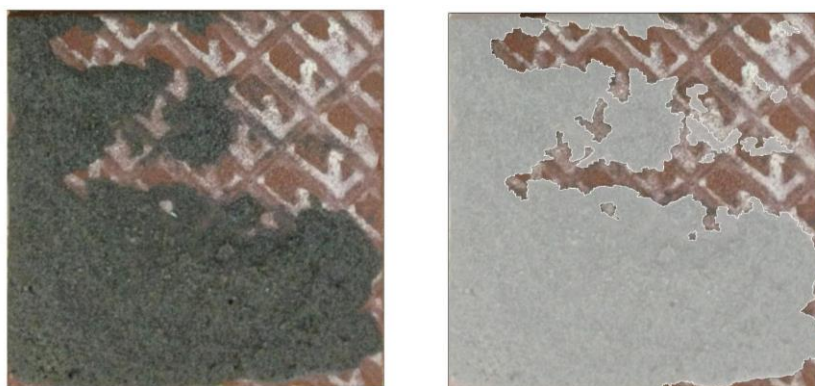


Figura 6. Visualização da extensão de aderência de uma placa cerâmica.

A extensão de aderência foi elevada em todos os conjuntos, sendo que apenas os conjuntos IIBIIbN e IIIBIIbN apresentaram um valor médio de extensão de aderência inferior a 90%. Na Figura 7 são visualizados os resultados individuais de extensão de aderência das 180 placas ensaiadas, sendo possível afirmar que não há uma relação direta entre extensão e resistência de aderência. A extensão de aderência pode ser influenciada pela natureza dos materiais constituintes do substrato e das argamassas, assim como as propriedades das argamassas (Moura, 2007). Uma boa extensão de aderência, embora fundamental, não é suficiente para garantir uma boa ancoragem de argamassa aplicada em substratos de blocos cerâmicos (Pagnussat, 2013).

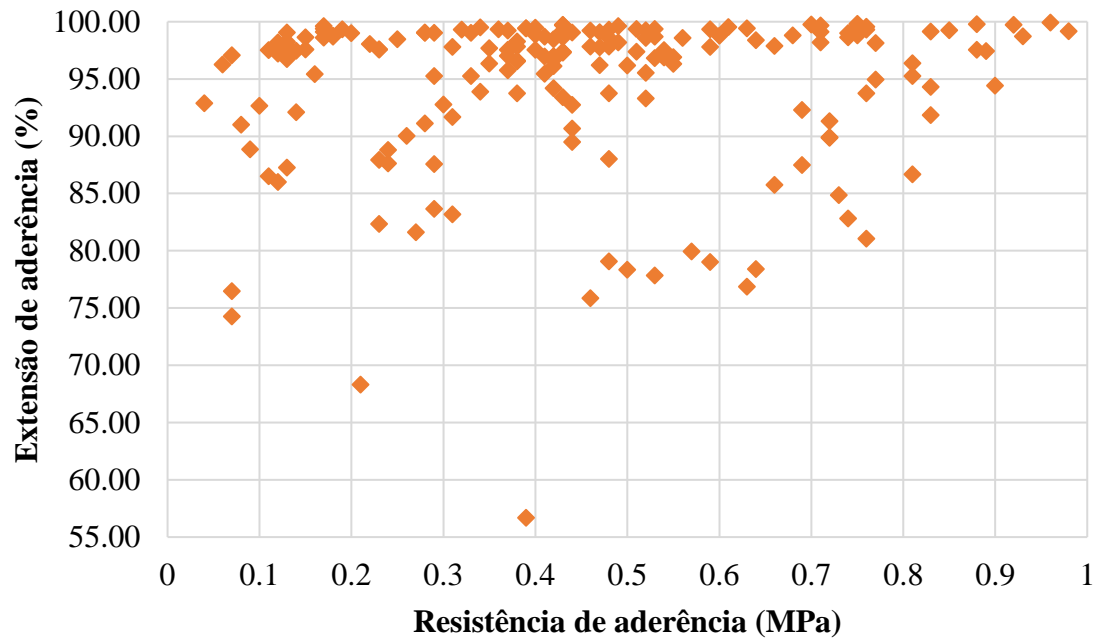


Figura 7. Extensão de aderência x resistência de aderência.

A influência do tempo em aberto da argamassa (tempo entre a mistura da argamassa com a água e a sua aplicação) na resistência e na extensão de aderência das placas cerâmicas foi avaliada nas argamassas AC II e AC III e mostrou-se significativo. Utilizou-se os tempos em aberto de 5 minutos e de 20 minutos. A resistência de aderência diminuiu cerca de 10% e a extensão de aderência diminuiu entre 40 e 50%, conforme visto na Figura 8.

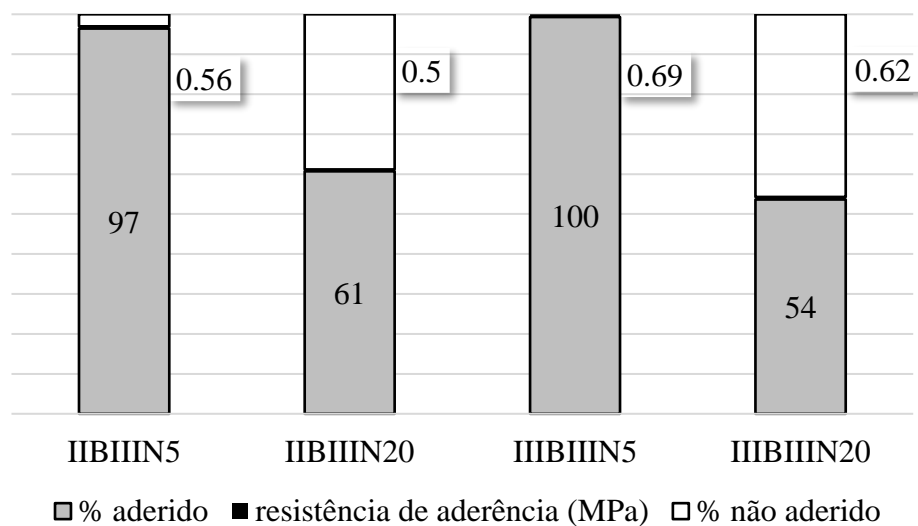


Figura 8. Extensão de aderência em função do tempo em aberto das argamassas.

Na Figura 9 pode-se visualizar a perda de extensão de aderência típica da aplicação da placa cerâmica após um tempo excessivo de espera, que resulta na perda de extensão de aderência e diminuição da resistência de aderência à tração. O fenômeno decorre do aumento da rigidez dos filetes de argamassa, que impede seu espalhamento durante a aplicação da placa cerâmica.

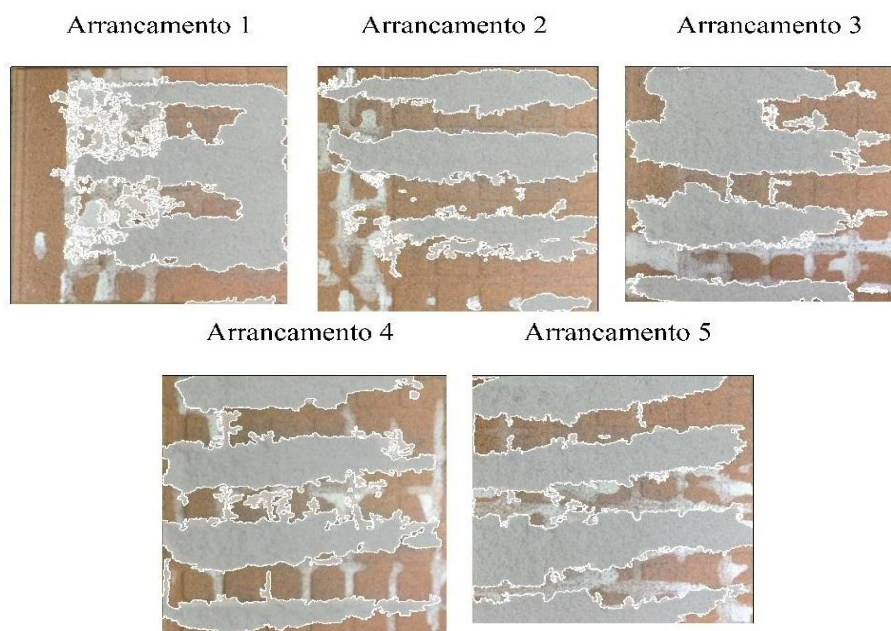


Figura 9. Extensão de aderência típica de assentamento da placa cerâmica após um tempo excessivo de espera.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos resultados dos ensaios realizados, pode-se observar que:

- Para as argamassas colantes utilizadas, todas à base de cimento Portland, a condição de cura é a variável com maior significância nos resultados de resistência de aderência à tração, seguida pelo tipo de argamassa colante. Tal fato chama a atenção para as diferenças de cura típicas do processo de aplicação de placas cerâmicas em fachadas, onde as peças são submetidas a diferenças expressivas de temperatura e umidade, além da eventual molhagem em função de precipitações durante o período de cura. A cura normal (ambiente de laboratório com temperatura de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $60 \pm 5\%$) apresentou os melhores resultados, e foi a única condição de cura em que as argamassas colantes em estudo foram aprovadas nos conjuntos de ensaios previstos nas normas;
- As características da placa cerâmica, expressas em função da permeabilidade, não influenciam significativamente a resistência de aderência do sistema, numa análise conjunta de todos os resultados. Entretanto, considerando-se um determinado tipo de argamassa colante e uma condição de cura específica, o aumento na absorção de água da placa cerâmica implica em diminuição de resistência de aderência;
- Não há uma relação estatisticamente significativa entre a extensão de aderência e a resistência de aderência das placas cerâmicas;
- O tempo de espera entre a mistura da argamassa colante com a água e a sua aplicação exerce forte influência na extensão de aderência da placa cerâmica e diminui sua resistência de aderência. Este fato alerta para a necessidade de especificação de tempos máximos de aplicação da argamassa colante, que devem ser controlados durante a aplicação;
- Considerando os materiais utilizados, os únicos conjuntos que atingiram a resistência de aderência à tração mínima estipulada pela NBR 14.081-1 (ABNT, 2012) foram o IIBIIaN, IIBIIbN e o IIBIIIN, todos executados com a mesma argamassa colante (AC II) e submetidos ao mesmo tipo de cura (normal).

5. REFERÊNCIAS

- Abreu, M., Leitão, V., Lucas, J. C. (2004), “*Modeling the Behavior of Ceramic Tile Coverings*”, VIII World Congress on Ceramic Tile Quality – Qualicer, Castellón: (Espanha), p. 3.
- Antunes, G. R. (2010), “*Estudo de manifestaciones patológicas em revestimiento de fachada em Brasília - sistematización da incidência de casos*”. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, p. 48.
- Asociación Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.778 (2005), “*Argamassa e concreto endurecidos – Determinación da absorción de agua, índice de vazios e massa específica*”, Rio de Janeiro, pp. 1-4.
- Barros, M. M. S. B.; Sabbatini, F. H. (2001), “*Produção de revestimientos cerámicos para paredes de vedación em alvenaria: diretrizes básicas*”, (São Paulo, Brasil: EPUSP), p. 27.
- Bauer, R. (1995), “*Despedados em revestimientos cerámicos, análises e recomendações*”, in: Simpósio brasileiro de tecnologia de morteros. ANTAC, Goiânia (Brasil), pp. 193-201.
- British Standards Institution (BSI). (2015), “*Wall and floor tiling – Part2: Design and installation of external ceramic, natural stone and mosaic wall tiling in normal conditions*”, Code of practice – BS5385-2. London, p. 36.
- Campante, E.D.; Baía, L.L. M. (2008), “*Proyecto e execução de revêstimento cerâmico*”, (São Paulo, Brasil: O Nome da Rosa), pp. 87-90.
- Cnew, M. Y. L. (1992), “*The Study of Adhesion Failure of Wall Tiles*”, Building and Environment, v 27, nº4, pp. 493-499.
- Consoli, O. J. (2006), “*Análise da Durabilidad dos Componentes das Fachadas de Edifícios, Sob a Ótica do Proyecto Arquitetônico*”, Dissertación de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 96.
- Goldberg, R. P. (1998), “*Direct adhered ceramic tile, stone and thin brick facades*”, Technical design manual. (USA: Laticrete International), p. 117.
- Mansur, A. A. P. (2007), “*Mecanismos Físico-Químicos de Adherencia na Interface Argamassa Modificada com Polímeros/Cerâmica de Revestimiento*”, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, p. 3.
- Mansur, A. A. P.; Do Nascimento, O. L.; Mansur, H. S. (2012), “*Mapeamento de Patologias em Sistemas de Revestimiento Cerâmico de Fachadas*”, Construindo, v. 4, n. 01, p. 64.
- Moura, C.B. (2007), “*Adherencia de revestimientos externos de morteros em sustratos de concreto: influência das condiciones de temperatura e ventilación na cura do chapisco*”, Dissertación de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 29.
- NBR 13.276 (2005), “*Argamassa para asentamiento e revestimiento de paredes e tetos – Preparo da mistura e Determinación do índice de consistência*”, Rio de Janeiro, pp. 1-3.
- NBR 13.277 (2005), “*Argamassa para asentamiento e revestimiento de paredes e tetos – Determinación da retenção de agua*”, Rio de Janeiro, pp. 1-3.
- NBR 13.279 (2005), “*Argamassa para asentamiento e revestimiento de paredes e tetos – Determinación da resistencia a tracción na flexão e a compressão*”, Rio de Janeiro, pp. 1-9.
- NBR 13.817 (1997), “*Placas cerámicas para revestimiento – Clasificación*”, Rio de Janeiro, pp. 1-2.
- NBR 13.818 (1997), “*Placas cerámicas para revestimiento – Especificación e métodos de ensayo*”, Rio de Janeiro, pp. 11-13.
- NBR 14.081-1 (2012), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Parte 1: Requisitos*”, Rio de Janeiro, pp. 1-5.

- NBR 14.081-2 (2012), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Parte 2: Execução do substrato-patrón e aplicación da argamassa para ensayos*”, Rio de Janeiro, pp. 1-9.
- NBR 14.081-3 (2012), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Parte 3: Determinación do tempo em aberto*”, Rio de Janeiro, pp. 1-6.
- NBR 14.081-4 (2012), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Parte 4: Determinación da resistencia de adherencia a tracción*”, Rio de Janeiro, pp. 1-7.
- NBR 14.081-5 (2012), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Parte 5: Determinación do deslizamento*”, Rio de Janeiro, pp. 1-6.
- NBR 14.086 (2004), “*Argamassa colante industrializada para asentamiento de placas cerámicas – Determinación da densidade de massa aparente*”, Rio de Janeiro, pp. 1-2.
- NBR 15.259 (2005), “*Argamassa para asentamiento e revestimiento de paredes e tetos – Determinación da absorción de agua por capilaridad e do coeficiente de capilaridad*”, Rio de Janeiro, pp. 1-3.
- NBR 15.261 (2005), “*Argamassa para asentamiento e revestimiento de paredes e tetos – Determinación da variación dimensional (retracción ou expansión linear)*”, Rio de Janeiro, pp. 1-6.
- Pagnussat, D. T. (2013), “*Efeito da temperatura de queima de blocos cerâmicos sobre a resistencia de adherencia a tracción de revestimientos de argamassa*”, Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 161.
- Ribeiro, F. A. (2006), “*Especificación de Juntas de Movimentación em Revestimientos Cerámicos de Fachadas de Edifícios: Levantamento do Estado da Arte*”, Dissertación de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pp. 43-45.
- RILEM Technical Committees. RILEM TC 116 PCD (1999), “*Permeability of concrete as a criterion of its durability*”, Materials and Structures, v. 32, pp. 174-179.
- Saraiva, A. G.; Bauer, E.; Bezerra, L. M. (2001), “*Análise das tensiones entre argamassa colante e placas cerámicas submetidas a esfuerzos de natureza térmica*”, Revista Ambiente Construído, v. 2, n. 2, pp. 47-56.