

Resistência de Aderência à Tração de Placas Cerâmicas, com Variação da Expansão por Umidade e Absorção de Água, Utilizando Simples e Dupla Colagem

Guilherme T. Teixeira^a, Ângela Waterkemper^b, Adriano M. Bernardin^a, Fernando Pelisser^c, Humberto R. Roman^c, Elaine G. P. Antunes^{a*}

^a Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, Criciúma, SC, Brasil

^b Eliane Revestimentos Cerâmicos, Cocal do Sul, SC, Brasil

^c Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, SC, Brasil

*e-mail: elainegpa@unesc.net

Resumo

A utilização dos revestimentos cerâmicos teve um aumento significativo nos últimos anos, havendo a necessidade de estudos mais específicos de suas propriedades e características, visando a durabilidade e a diminuição de patologias futuras nas construções. As propriedades mais citadas em relação a patologias em placas cerâmicas é a expansão por umidade e absorção de água. No presente artigo, analisou-se a resistência de aderência à tração de placas cerâmicas, com variações de expansão por umidade e absorção de água, ambas características que se relacionam com o ciclo e temperatura de queima final da placa, utilizando a simples e dupla colagem no processo de assentamento. Com base nos resultados finais, verificou-se que as variações das propriedades estudadas, não apresentaram diferenças estatísticas significativas nos valores de resistência de aderência à tração. No método da colagem, as placas que apresentaram EPU e absorção de água mais baixa, na dupla colagem, obteve-se um aumento na resistência de 34,43% em relação a simples colagem e para as placas com EPU e absorção alta, os valores obtidos não apresentaram diferença estatística.

Palavras-chave: expansão por umidade, absorção de água, dupla colagem, revestimentos cerâmicos.

1. Introdução

“O setor cerâmico brasileiro tem apresentado significativo aumento de produção nos últimos 15 anos, sendo atualmente o segundo maior mercado produtor e consumidor do mundo” (NASTRI, 2015, p.1). Conforme cresce a produção e a utilização de placas cerâmicas para revestimentos, cresce também o número de patologias encontradas em sistemas de revestimentos cerâmicos, sendo que uma possível causa pode ser pela expansão por umidade e absorção de água. Segundo Bauer e Rago (2000, p.1)

A expansão por umidade tem início assim que a peça entra em contato com o meio ambiente na saída do forno. Portanto, quando da aplicação do revestimento, uma pequena parte da expansão já ocorreu, e o restante ocorrerá com o revestimento já assentado.

Conforme Roscoe (2008, p.33) após o assentamento e o contato com a umidade do meio ambiente, a placa cerâmica sofre um aumento irreversível ao longo do tempo, caracterizando a expansão por umidade (EPU).

A EPU é caracterizada pelo aumento da placa cerâmica quando em contato com a água na forma líquida. Para Menezes et al. (2006, p.1) ao caracterizar EPU,

EPU é o termo técnico utilizado para designar a expansão sofrida por materiais cerâmicos quando em contato com a água na forma líquida ou de vapor. Essa expansão geralmente ocorre lentamente e é relativamente

pequena. Mesmo assim, pode levar ao gretamento de peças esmaltadas e ao comprometimento estrutural dos corpos cerâmicos, caso as tensões geradas pela deformação contida das peças excedam os limites de resistência dos materiais.

De acordo com Carvalho (2001) a expansão por umidade é principalmente devida à adsorção física e química da umidade no interior do corpo cerâmico sobre as fases do produto após a queima. Ou seja, mesmo após a produção, a placa cerâmica consegue adsorver uma umidade irreversível, ocasionando o aumento na dimensão da placa.

Segundo Nastri (2015, p.5) “O fenômeno pode contribuir para o desenvolvimento de patologias graves nos revestimentos cerâmicos, tais como o gretamento dos esmaltes e o descolamento de fachadas após o assentamento”. Uma das patologias frequentemente verificadas a ser citada é o deslocamento, e que, geralmente ocorre porque a tensão na interface placa cerâmica/argamassa é maior que a resistência mecânica.

Bauer (2005) aponta principalmente que quando os substratos juntamente com a argamassa colante ficam sujeitos às intempéries, há uma maior possibilidade de um deslocamento da placa cerâmica, na maioria dos casos em áreas molhadas como banheiros e piscinas. Placas com alta expansão acima de 0,6 mm/m em superfícies maiores que 20m², sem juntas de trabalho e expostas a

ciclos de molhagem e secagem semanais, possuem maior probabilidade de deslocamento.

A fim de reduzir esses fenômenos, a ABNT NBR 13818:1997 recomenda o valor máximo de 0,6mm/m para a EPU da placa cerâmica.

Conforme Bowman (1996, p.1)

Durante a exposição ao ambiente surgem micro trincas no interior de muitas peças devido ao alívio de tensões térmicas, e isso pode resultar em uma expansão irreversível. Cargas externas, saís e água congelada podem também induzir a expansão.

Outra propriedade avaliada é a absorção de água, onde a placa cerâmica absorve uma certa quantidade de água em contato com a umidade. Segundo Vieira (2016, p.29)

Em resumo a absorção de água é uma medida indireta dos poros abertos do corpo cerâmico e em outras palavras é a razão entre a massa de água presente nos poros de determinada massa do produto queimado.

Uma das alternativas e formas de diminuir as patologias como deslocamento em placas cerâmicas é a utilização da dupla colagem de argamassa em placas com área superior à 900cm². Segundo a ABNT NBR 13753:1996, para placas acima de 900cm², deve-se espalhar e pentear a argamassa colante no contra piso e no tardo das placas cerâmicas.

O presente trabalho tem como objetivo analisar a influência da variação da expansão por umidade e absorção de água em placas cerâmicas, sobre a resistência de aderência à tração, utilizando a simples e dupla colagem no processo de assentamento.

2. Material e Métodos

O trabalho de pesquisa realiza-se em 7 etapas, sendo que a primeira etapa consiste na pesquisa bibliográfica. A segunda etapa refere-se a escolha da placa cerâmica,

onde se optou por placas cruas, antes do processo de queima, com dimensões de 78x78x6,0mm. A terceira etapa foi direcionada a esmaltação e queima da placa cerâmica, ao qual foi executado em dois ciclos de queima, ambos com duração de 35 minutos, no entanto 40 placas a temperatura de 1080°C e 40 placas a 1140°C. A temperatura de 1080°C foi definida com o intuito de se obter valores de EPU superiores a 0,6 mm/m. A quarta etapa condiz à caracterização das placas em relação a absorção de água e expansão por umidade. A quinta etapa foi o assentamento dos corpos de provas nos substratos, conforme a ABNT NBR 14081-2:2012, através da simples e dupla colagem. Na sexta etapa foi feita a verificação da resistência de aderência à tração da placa cerâmica com o teste de arrancamento, de acordo com as prescrições da ANBT NBR 14081-4:2012. E na última e sétima etapa, fez-se a verificação e análise dos resultados. É importante mencionar que nesta última etapa, na análise dos resultados, utilizou-se a análise de variância ANOVA. A Figura 1 apresenta o Fluxograma, que descreve as etapas que foram executadas.

2.1. Materiais

2.1.1. Placas cerâmicas para revestimento

As placas cerâmicas foram obtidas antes do processo de queima, cruas, com dimensões de 78x78x6,0mm (largura x comprimento x espessura), as quais posteriormente foram esmaltadas e queimadas em temperaturas distintas, com intuito de atingir diferentes valores de expansão por umidade e absorção de água. Conforme citado por R. R. Menezes et al. (2006, p.4), o aumento da temperatura influencia diretamente na variação da EPU, e que ao atingir os intervalos de 900 e 950°C, observa-se um pequeno aumento (chamada de região máxima de EPU) e posterior decréscimo.

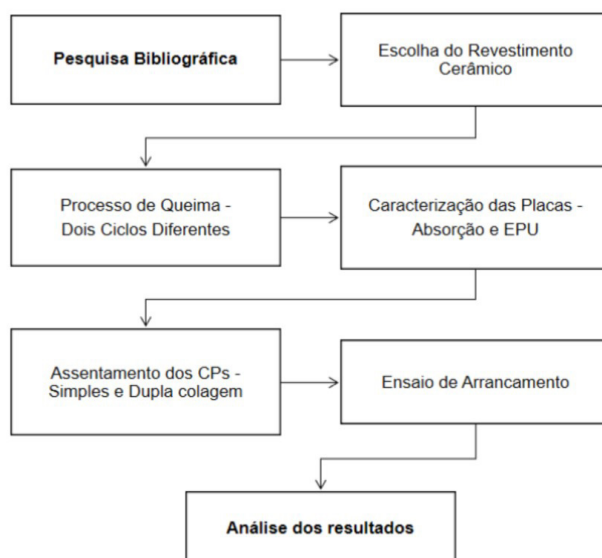


Figura 1. Fluxograma: Etapas da pesquisa. Fonte: Do autor, 2017.

A Tabela 1 apresenta os ciclos de queima das duas condições.

No processo de queima, utilizaram-se 80 amostras, onde 40 foram queimadas numa temperatura de 1080°C e as outras à uma temperatura de 1140°C, onde fica visível a diferença de cor e dimensões das placas após o processo. Visualiza-se uma cor mais clara nas placas queimadas à uma temperatura de 1080°C, e uma cor mais escura nas placas queimadas à 1140°C. O esmalte utilizado em ambas as placas é o mesmo, do tipo brilhante de monoqueima e, optou-se por tal, para que essa não fosse uma variável na pesquisa.

As placas cruas, tinham as dimensões de 78x78x6,0mm, e após a queima essas foram alteradas, sendo que, as queimadas à uma temperatura mais elevada, tiveram maior retração e, ao final, ficaram com as dimensões de $\pm 74,34 \times 74,46 \times 5,71$ mm. Enquanto, as queimadas à uma temperatura máxima mais baixa, ficaram com as dimensões de $\pm 77,42 \times 77,48 \times 5,87$ mm. A Figura 2 apresenta as placas após processo de queima.

2.1.2. Argamassa de assentamento

A argamassa adotada nesse estudo foi a argamassa colante industrializada do tipo ACII. Segundo a ABNT NBR 14081-1:2012, essa argamassa é especificada para revestimentos de pisos e paredes internas e externas, expostas a ciclos de variação higrotérmica e à ação do vento, o que a caracterizou para a pesquisa. A escolha da argamassa colante depende do local de aplicação, da

absorção de água da placa, e de alguma condição especial que possa existir, tais como proteção contra a água e isolamento sonoro. A Tabela 2 apresenta características físicas e mecânicas que as argamassas do tipo ACII devem obedecer.

2.1.3. Substrato padrão

Para executar o assentamento dos corpos de prova, foi utilizado um substrato padrão de concreto com determinada composição, dimensões, absorção e resistência, destinada a servir como base, ou suporte nos ensaios de argamassa colante industrializadas. Segundo a ABNT NBR 14081-2:2012, o substrato padrão deve ter espessura mínima de 20mm e dimensões mínimas de 25cm x 50cm de modo que as placas cerâmicas de cada série completa de ensaio caibam em um mesmo substrato, para os ensaios de tempo em aberto, resistência de aderência à tração na cura normal e submersa e deslizamento.

2.2. Métodos

Após a queima das placas cerâmicas, para obter suas características, foram realizados ensaios referente a análise dimensional, absorção de água e expansão por umidade, todos de acordo com a ABNT NBR 13818:1997.

A argamassa colante foi caracterizada através do índice de consistência, conforme ABNT NBR 13276:2005, com caráter informativo, e as demais características foram repassadas pelo fabricante. O preparo da argamassa colante foi executado seguindo as diretrizes da ABNT NBR 14081-4:2012, e

Tabela 1. Ciclos de queima.

| PLACA 1140°C | Entrada | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Zona 5 | Zona 6 | Zona 7 | Zona 8 | Zona 9 | Saída |
|-----------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Tª sup. | 344 | 650 | 800 | 980 | 1140 | 1140 | 1140 | 1100 | 700 | 520 | 273 |
| Tª inf. | - | 600 | 750 | 980 | 1140 | 1140 | 1140 | 1100 | 650 | 480 | - |
| PLACA 1080°C | | | | | | | | | | | |
| Tª sup. | 346 | 550 | 700 | 920 | 1010 | 1030 | 1080 | 1080 | 650 | 520 | 273 |
| Tª inf. | - | 500 | 650 | 920 | 1010 | 1030 | 1080 | 1080 | 600 | 480 | - |

Fonte: Do autor, 2017.



Figura 2. Placas queimadas em duas temperaturas máximas diferentes. Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 2. Características da argamassa ACII.

| NBR 14081 | Tempo em aberto (min.) | Resistência de Aderência aos 28 dias (MPa) | Usos Indicados |
|-----------|------------------------|--|----------------------|
| AC-II | > 20 | > 0,5 | Piso/Parede externos |

Fonte: NBR 14081-1:2012.

a quantidade de água inserida na argamassa seguiu as recomendações do fabricante. A resistência de aderência à tração, segundo a ABNT NBR 14081-4:2012, e a fim de analisar os resultados fez-se o estudo de análise de variância ANOVA com um nível de significância de 95%, ou seja, um $p \geq 0,05$.

2.2.1. Ensaio de absorção de água

O ensaio de absorção de água foi executado no Laboratório de Caracterização de Materiais IDT/UNESC, conforme a ABNT NBR 13818:97. Foram utilizados 10 corpos de prova para cada temperatura. Primeiramente, foram colocados os corpos de prova em estufa, numa temperatura entre 100 e 105°C, para logo após medir suas massas, e em seguida colocá-los em água fervente por duas horas.

2.2.2. Ensaio de expansão por umidade

Para a caracterização da placa cerâmica referente a expansão por umidade, o ensaio foi executado nos laboratórios do FIESC-SENAI em Criciúma/SC, pelo método da fervura, utilizando 5 corpos de prova, para cada temperatura de queima, conforme a ABNT NBR 13818:1997.

2.2.3. Ensaio do índice de consistência da argamassa

Foi realizado também o índice de consistência para a caracterização da argamassa colante, com intuito informativo, e para tal, seguiu as prescrições indicada na ABNT NBR 13276:2005, norma utilizada para argamassa de revestimento e assentamento. No ensaio de consistência, utilizou-se a mesa de consistência (Flow table), onde após a aplicação dos 30 golpes, foram realizadas as medições do espalhamento do molde tronco-cônico inicial.

2.2.4. Ensaio de resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado conforme a ABNT NBR 14081-4:2012. Para a execução do ensaio, em cada corpo de prova foi colada uma placa metálica com adesivo epóxi, com a mesma dimensão da placa cerâmica. Com a utilização de um dinamômetro com capacidade de 5 kN e velocidade de 250 ± 50 N/s, é realizado o ensaio de arrancamento por tração. No ensaio é indicado o valor da força de tração exercida para arrancar a placa. A Figura 3 demonstra o processo de ensaio de aderência à tração do corpo de prova.

Durante o ensaio também foi avaliado o tipo de ruptura, que é classificada de acordo com a norma técnica NBR 14081- 3:2012 como:

S: Ruptura no substrato;



Figura 3. Processo do ensaio de arrancamento. Fonte: Do autor, 2017.

- S/A: Ruptura na interface argamassa e substrato;
- A: Ruptura na camada de argamassa colante;
- A/P: Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica;
- P: Ruptura na placa cerâmica;
- F: Falha na colagem da peça metálica.

A Figura 4 demonstra com mais detalhes as formas de ruptura no ensaio de aderência à tração.

Na Figura 4 os números apresentados, 1, 2, 3 e 4 correspondem, respectivamente, à peça metálica, placa cerâmica, argamassa colante e substrato padrão.

2.2.5. Processo de assentamento

Os procedimentos de instalação dos corpos de prova foram executados conforme prescreve a ABNT NBR 14081-2:2012 e que corresponde a colagem simples, pois a argamassa colante é aplicada somente no substrato-padrão. Para o estudo da dupla colagem, além da argamassa colante aplicada no substrato-padrão aplicou-se argamassa colante também no tardo da placa cerâmica, segundo a ABNT NBR 13753:1996. Na Figura 5, pode-se observar a aplicação da dupla colagem, sendo a Figura 5 (a) a execução da dupla colagem e na Figura 5b as placas já assentadas.

As placas cerâmicas com dimensões de 5cm x 5cm foram assentadas em substrato-padrão, onde são posicionadas dez placas cerâmicas limpas e secas sobre a argamassa estendida em cordões de modo que fiquem a uma distância de 5cm entre elas e de 2,5cm entre as arestas das placas e a borda mais próxima do substrato padrão.

2.2.6. Condições de cura

Após o fim dos assentamentos dos corpos de prova, os substratos ficaram em cura em laboratório com temperatura ambiente de 22°C e umidade relativa do ar em 58%, até o dia do ensaio de aderência à tração, executado no vigésimo oitavo dia. Segundo a ABNT NBR 14081:2012, o conjunto deve ser submetido, durante 28 dias, às condições ambientais do laboratório.

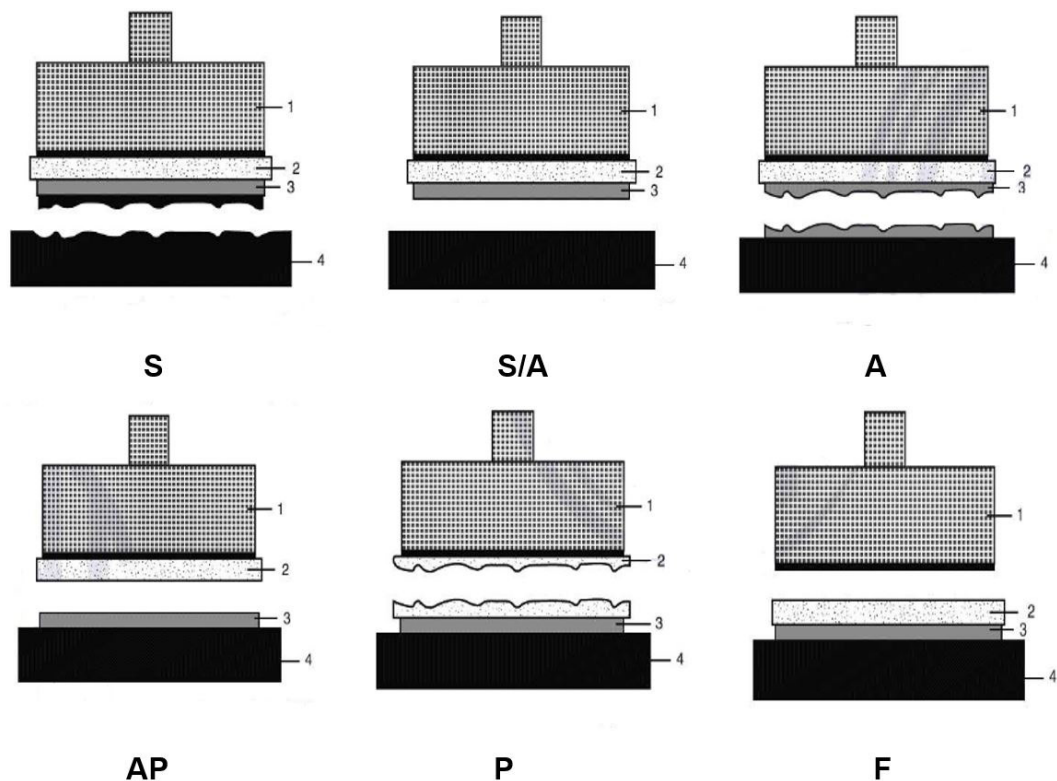


Figura 4. Detalhamento dos tipos de ruptura. Fonte: NBR 14081-1:2012.



(a)



(b)

Figura 5. (a) Execução da dupla colagem; (b) Corpos de prova assentados no substrato. Fonte: Do autor, 2017.

3. Resultados e Discussões

3.1. Absorção de água nas placas

A absorção de água é a quantidade de água que um corpo pode absorver em contato com umidade. Após os processos de secagem das placas em estufa e posterior fervura, realizados no laboratório, conforme ABNT NBR 13818:1997, obtiveram-se os resultados das absorções para cada placa e são demonstrados na Tabela 3.

Para análise dos resultados, com um grau de confiança de 95%, realizou-se um teste ANOVA, para avaliar se existe ou não diferença estatística entre os resultados obtidos de absorção de água para as duas diferentes temperaturas de queima. Para estes resultados, obteve-se fator $F > F_{\text{crítico}}$ e valor- $P < 0,05$, ou seja, houve diferença estatística entre as placas.

Analisando-se as referidas absorções nas placas cerâmicas, observa-se uma diminuição de 84,43% na média das placas que foram queimadas com uma temperatura mais alta. Conforme Vieira (2016, p.51), “[...] quando a

temperatura de queima aumenta, a porosidade do corpo cerâmico diminui, consequentemente o percentual de absorção de água é reduzido”. A porosidade aberta de um produto e, por consequência, a absorção de água, dependem da composição da massa, da plasticidade de processamento, bem como das taxas de aquecimento no processo de queima e das temperaturas máximas atingidas (NASTRI, 2015). De acordo com Menezes et al (2003, p.73) “A absorção de água está relacionada de uma forma que, ainda que não linear, dependente da temperatura de queima e da composição do corpo cerâmico”.

Portanto, conforme já esperado, os resultados demonstraram que as placas queimadas em uma temperatura final maior resultaram em placas com menor absorção. A Figura 6 apresenta os valores das médias das absorções de água obtidos no ensaio, onde os resultados são descritos em porcentagem.

3.2. Variação da expansão por umidade

Expansão por umidade é o termo geralmente utilizado para designar o aumento das dimensões dos materiais cerâmicos, notadamente tijolos, telhas e revestimentos cerâmicos, ocasionado pela adsorção de água. Os corpos de prova foram ensaiados nos laboratórios do FIESC-SENAI em Criciúma/SC, de acordo com ABNT NBR 13818:1997, pelo método da fervura e foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 4.

Após análise dos resultados obtidos referente aos valores de expansão por umidade, verificou-se que a variação da temperatura no processo de queima da placa cerâmica, influenciou majoritariamente nos resultados. A placa com uma temperatura final mais baixa, obteve-se um valor médio 80,65% maior em relação à temperatura mais alta, ultrapassando o valor recomendado pela ABNT NBR 13818:1997, que é de 0,60mm/m. E, para a placa com a temperatura mais alta, foram obtidos valores mais baixos. De acordo com Chiari et al (1996, p.9) “pode-se concluir, que para materiais argilosos, ao se aumentar a temperatura de queima, a EPU atinge um valor máximo a temperaturas intermediárias, entre 950 e 1050°C, e diminui posteriormente”. Existe uma relação direta entre temperatura de queima e expansão por umidade, portanto, quanto menor a temperatura no processo de queima da placa, tradicionalmente, maior será absorção de água e expansão por umidade. Conforme Menezes et al (2006, p.4) “A relação exata entre a EPU e a temperatura de queima varia de acordo com a composição e com a estrutura dos diferentes corpos cerâmicos”.

Em vista disso os resultados demonstraram que as placas queimadas à uma temperatura final maior resultaram em placas com menores valores de expansão por umidade. A Figura 7 apresenta os valores obtidos no ensaio.

3.3. Índice de consistência

O ensaio foi realizado para ter-se um indicador de consistência, sendo que a ABNT NBR 13276:2005 prescreve

Tabela 3. Valores de absorção de água.

| Amostras | Placa – 1080°C | Placa – 1140°C |
|----------------------|----------------|----------------|
| | Abs (%) | Abs (%) |
| CP 1 | 10,32 | 1,02 |
| CP 2 | 10,30 | 1,41 |
| CP 3 | 9,86 | 1,86 |
| CP 4 | 9,99 | 2,18 |
| CP 5 | 10,13 | 1,17 |
| CP 6 | 9,29 | 0,92 |
| CP 7 | 10,12 | 1,89 |
| CP 8 | 9,95 | 1,81 |
| CP 9 | 9,40 | 1,78 |
| CP 10 | 9,51 | 1,36 |
| Média | 9,89 | 1,54 |
| Desvio Padrão | 0,37 | 0,42 |

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 4. Valores da variação da EPU.

| Amostras | Placa – 1080°C | Placa – 1140°C |
|----------------------|----------------|----------------|
| | EPU (mm/m) | EPU (mm/m) |
| CP 1 | 0,71 | 0,13 |
| CP 2 | 0,64 | 0,13 |
| CP 3 | 0,65 | 0,13 |
| CP 4 | 0,52 | 0,00 |
| CP 5 | 0,58 | 0,20 |
| Média | 0,62 | 0,12 |
| Desvio Padrão | 0,072 | 0,073 |

Fonte: Do autor, 2017.

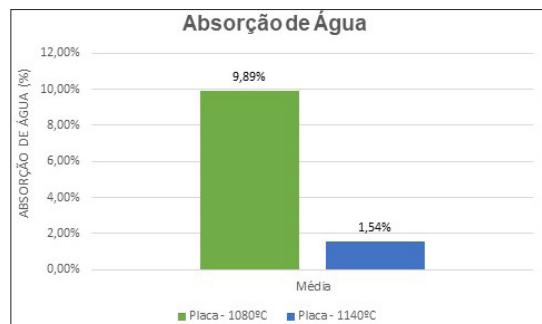


Figura 6. Gráfico de absorção de água. Fonte: Do autor, 2017.

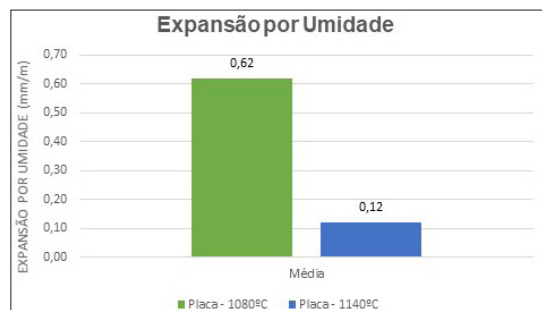


Figura 7. Gráfico de EPU. Fonte: Do autor, 2017.

260 ± 5 mm, para argamassa. O preparo da argamassa colante seguiu as recomendações do fabricante, utilizando 5kg de argamassa para 1 litro de água, e foram utilizadas as mesmas quantidades para todos os assentamentos. A Tabela 5 apresenta os dados obtidos no ensaio.

Portanto, após os resultados obtidos dos valores do índice de consistência, e fazendo-se a comparação com a norma para argamassa de revestimentos e assentamentos, percebeu-se que o índice ficou abaixo, aproximadamente 18%, porém não interferiu na trabalhabilidade da argamassa colante. E, conforme já citado, o ensaio foi realizado para se ter um indicador da consistência para a argamassa colante utilizada na pesquisa.

3.4. Ensaio de resistência de aderência à tração

Para analisar os valores obtidos no ensaio de aderência à tração, segundo a ABNT NBR 14081-4:2012, para médias superiores a 0,30MPa, é necessário descartar todos os resultados que se distanciam mais de 20% da média. Assim, são apresentados os valores da resistência de aderência à tração na Tabela 6, fazendo-se a comparação entre simples e dupla colagem para valores distintos de expansão por umidade e absorção de água.

Com base nos valores encontrados é possível verificar que todos se encontram em acordo com a ABNT NBR 14081:2012, pois a mesma estabelece a resistência mínima de 0,50 MPa aos 28 dias de cura, em se tratando de revestimento interno e externo.

Através da análise estatística de variância ANOVA, verificou-se que o método de colagem para as placas com EPU e absorção baixa influenciaram na resistência de aderência, portanto, considerados estatisticamente diferentes. Já, nas placas com EPU e absorção de água alta, não houve diferença estatística significativa, logo os valores foram considerados iguais. Constatou-se que para as amostras com EPU e absorção baixa o aumento da resistência chegou à 34,43% com a utilização da dupla colagem. A resistência de aderência neste tipo de aplicação, para placas com dimensões muito grandes, pode ser prejudicada caso não se obtenha uma extensão de aderência satisfatória na interface formada pela argamassa colante e as placas cerâmicas (PEREIRA, 2012).

Tabela 5. Valores do índice de consistência.

| Índice de Consistência da Argamassa em mm | | | | | |
|---|----------|----------|----------|--------|---------------|
| ACII | Ensaio 1 | Ensaio 2 | Ensaio 3 | Média | Desvio Padrão |
| | 212,00 | 212,80 | 212,20 | 212,33 | 0,42 |

Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 6. Resistência de aderência à tração.

| Amostras | Colagem | Resistência Média (MPa) | Desvio Padrão |
|------------------------|-----------------|-------------------------|---------------|
| EPU - Absorção (Alta) | Simples colagem | 0,69 | 0,1022 |
| | Dupla Colagem | 0,84 | 0,1184 |
| EPU - Absorção (Baixa) | Simples colagem | 0,61 | 0,1097 |
| | Dupla Colagem | 0,82 | 0,1038 |

Fonte: Do autor, 2017.

Em vista disso, a análise estatística comprova que o método da colagem interferiu significativamente. É importante mencionar que a utilização da dupla colagem é indicada para placas com dimensões maiores que 900cm².

Após a análise estatística, verificou-se ainda que a expansão por umidade e absorção de água não influenciaram na resistência de aderência à tração das placas, tanto para a simples como para a dupla colagem. A Figura 8 apresenta os valores das médias para as diferentes temperaturas com as variações das propriedades.

Conforme Vieira (2016, p.1) “A absorção está diretamente relacionada à porosidade residual aberta, e esta por sua vez, relacionada ao comportamento de sinterização e da qualidade da cerâmica”. De acordo com Roscoe (2008, p.32) “Assim, baixa absorção significa baixa penetração de pasta nos poros das placas e pequeno efeito de ancoragem”. Estudos realizados comprovaram que as resistências mecânicas (especialmente a resistência à tração na flexão e aderência), das argamassas são afetadas pela absorção de água (OLIVEIRA, 2004).

Apesar dos valores de absorção entre as placas queimadas em distintas temperaturas terem propiciado valores diferenciados, a resistência de aderência não foi afetada, como era o esperado. Outro fator importante, que pode interferir na resistência de aderência, é a rugosidade da placa. Segundo Francescatto (2016, p.42) “sucintamente, materiais mais rugosos tendem a apresentar maior resistência a adesão do que superfícies lisas”.

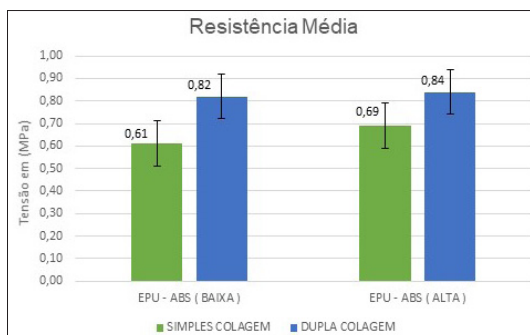


Figura 8. Resistência média para simples e dupla colagem. Fonte: Do autor, 2017.

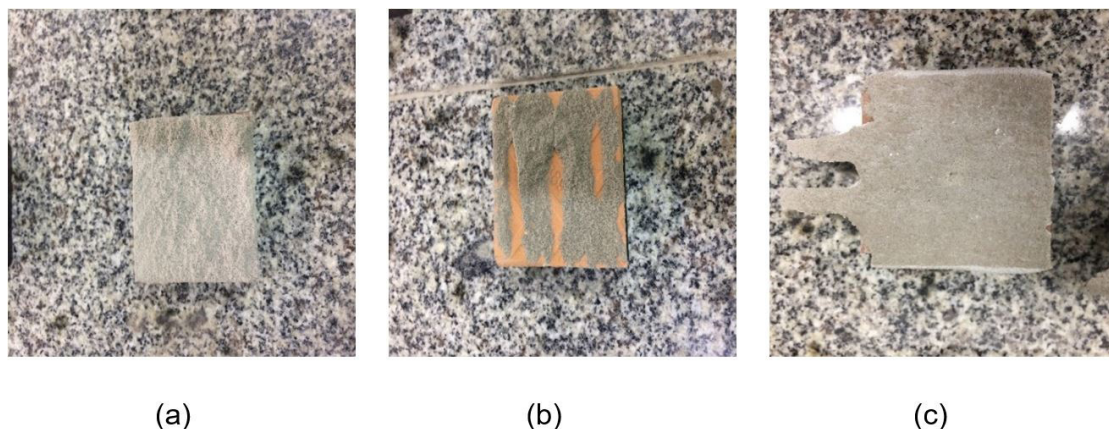


Figura 9. (a) Ruptura na camada de argamassa; (b) Ruptura na interface argamassa e placa cerâmica; e (c) Ruptura na interface argamassa e substrato. Fonte: Do autor, 2017.

Tabela 7. Rupturas mais frequentes.

| | EPU - Absorção (Baixa) | EPU - Absorção (Alta) |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| SIMPLES COLAGEM | A/P | S/A |
| DUPLA COLAGEM | A | A |

Fonte: Do autor, 2017.

Portanto, após análise dos fatores que poderiam interferir na resistência de aderência à tração das placas cerâmicas, e principalmente os valores distintos de absorção de água, não foram obtidos valores diferentes de resistência, ficando em aberto a possibilidade de novos ensaios, microscopias e raio x, para verificar a não existência das diferentes médias de resistências.

Provavelmente, a expansão por umidade em placas cerâmicas não influenciou na resistência, por se tratar de uma propriedade em que ocorre o aumento das dimensões das placas ao longo do tempo, e segundo a ABNT NBR 13818:1997, sob condições normais de assentamento, a expansão por umidade não é responsável por fenômenos de deslocamento.

3.5. Tipos de ruptura

Com relação à forma de ruptura, analisou-se os corpos de prova rompidos, verificando-se apenas três formas de ruptura: na camada de argamassa colante, na interface argamassa e placa cerâmica e ruptura na interface argamassa e substrato. A Tabela 7 apresenta os tipos de rupturas mais frequentes encontradas no ensaio de aderência à tração.

Na utilização da dupla colagem, as variações das propriedades das placas não interferiram no tipo de ruptura. Obteve-se nos dois casos a ruptura na camada da argamassa colante, concluindo-se que teve uma correta aderência tanto no substrato como na placa cerâmica. Tal fato pode ser

comprovado através da resistência de aderência que foi obtida, em todos os casos foi obtida a resistência mínima 0,50MPa especificada pela ABNT NBR 14081-4: 2012, conforme já mencionado.

Portanto, pode-se concluir que nas placas com a utilização da dupla colagem, devido a espessura final ser maior que na colagem simples, e conseqüentemente a argamassa colante por ser um composto cimentício e não resistir bem a tração, rompeu-se no interior da argamassa colante.

Na colagem simples, houveram rupturas diferentes, sendo que nas placas com EPU e absorção baixa, a ruptura com maior frequência ocorreu na interface argamassa e placa cerâmica. Isso pode ocorrer devido ao substrato ter maior porosidade e absorção que a placa cerâmica, portanto, a argamassa colante teve maior aderência ao substrato e por isso a ruptura na interface argamassa/placa (A/P). Nas placas com EPU e absorção alta, a ruptura mais frequente encontrada foi na interface argamassa e substrato. Devido a placa cerâmica ter uma absorção maior, a argamassa colante teve uma aderência superior. A Figura 9 mostra os tipos de ruptura encontrados nos ensaios.

4. Conclusões

O presente artigo buscou analisar o comportamento das placas cerâmicas sobre a resistência de aderência à tração, com variações das propriedades de expansão por umidade e absorção de água, utilizando a simples e dupla colagem. As variações destas propriedades estão relacionadas ao ciclo e temperatura final de queima, além da composição química das placas cerâmicas.

Após os ciclos e temperaturas máxima de queima distintos, obteve placas com EPU e absorção distintos, sendo que em temperaturas máximas mais altas, os valores das propriedades diminuíram.

Posteriormente a realização dos ensaios, chegou-se aos resultados de que a variação da expansão por umidade e absorção de água não influenciaram de forma significativa

nas resistências médias de aderência à tração. A EPU por se tratar de uma propriedade em que a placa cerâmica tem suas dimensões aumentadas ao longo do tempo, como esperado, não afetou. A absorção de água é uma característica física que poderia influenciar a resistência de aderência, pois quanto mais porosa a placa cerâmica maior será a ancoragem da argamassa. No entanto não foi observada influência direta da absorção de água na resistência de aderência e sim na forma de ruptura.

O assentamento através da simples e dupla colagem nas placas com EPU e absorção baixa interferiu num aumento de resistência e nas placas com alta EPU e absorção de água não interferiu.

5. Sugestões para Trabalho Futuros

- Efetuar microscopia das placas, substrato e argamassa colante pós rompimento;
- Avaliar a resistência de aderência após um período de tempo prolongado;
- Avaliar a resistência de aderência após um choque térmico no sistema;
- Avaliar a resistência com placas em tamanhos distintos, acima de 900cm²;
- Avaliar a resistência com distintas argamassas colantes industrializadas e argamassas dosadas;
- Repetir os ensaios com a utilização de mais corpos de prova.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento - NBR 13753 – Rio de Janeiro, 1996.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Placas cerâmicas para revestimento – especificação e métodos de ensaio: NBR 13818 Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-1:2012: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas: Especificação. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-4:2012: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência. Rio de Janeiro, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14081-2:2015: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – execução do substrato padrão e aplicação da argamassa para ensaios. Rio de Janeiro, 2012.
- BAUER, E. Revestimentos de argamassa - características e peculiaridades. 1. ed. BRASÍLIA: LEM-UnB - SINDUSCON/DF. 2005. BAUER, Roberto José Falcão; RAGO, Fabiola. Expansão por Umidade de Placas Cerâmicas para Revestimentos, Cerâmica Industrial.
- BOWMAN, R. Melhorando a Precisão das Determinações da Expansão por Umidade, Cerâmica industrial, v.1, n.45. São Paulo, 1996. 05p.
- CARVALHO JR., ANTÔNIO NEVES. Avaliação da Performance dos Revestimentos Cerâmicos de Fachada. Relatório técnico submetido à FAPEMIG (processo TEC 1390/97) Belo Horizonte, 2001.
- CHIARI, L. et al. Expansão por umidade, Parte I: O Fenômeno, 1996. P 13, Cerâmica Industrial.
- FRANCESCATTO, T. R. Análise da Resistência de Aderência de Placas Cerâmicas em Chapas de Gesso Acantonado. 2016. 83p. (Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná) MENEZES, R.R.; et. al. Análise da Expansão por Umidade e Absorção D'Água de Pisos Cerâmicos Comerciais em Relação à Composição Química e à Quantidade Estimada de Fase Vítrea, Cerâmica, Campina Grande.
- NASTRI, S. Expansão por Umidade de Revestimentos Cerâmicos: Métodos de Medidas e Variáveis Envolvidas, 2015. 108p. (Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais). UFSCAR. São Carlos. SP.
- OLIVEIRA, Juliana. Estudo das propriedades de argamassas colantes submetidas a saturação e secagem. 2004. 180p. Tese (Mestrado em Engenharia Civil). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Univ. Fed. Santa Catarina, Florianópolis.
- PEREIRA, Eduardo. Estudo da Influência das Propriedades de Argamassas Colantes na Resistência de Aderência de Revestimentos Cerâmicos Aplicados no Assentamento de Piso Sobre Piso. 2012. 178p. (Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil da Universidade Federal do Paraná)
- ROSCOE, M.T. Patologias em Revestimento Cerâmico de Fachada, 2008. 81p. (Monografia apresentada ao curso de especialização em construção civil da escola de engenharia da UFMG)
- VIEIRA, A. Waterkemper. Comparação entre Métodos para Determinação da Absorção de Água em Placas Cerâmicas de Revestimento - Porcelanato, 2016. 151p. (Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais).