

# ESTUDO DA INTERFACE ENTRE AZULEJOS E ARGAMASSAS DE CAL

Nayara Gracyelle Dias<sup>1</sup> (nagradi@hotmail.com)

Helena Carasek<sup>2</sup> (hcarasek@gmail.com)

Universidade Federal de Goiás, 74605-220, Brasil

**Resumo:** Em Portugal, no século XIX, os edifícios eram decorados com azulejos aderidos aos substratos utilizando argamassas confeccionadas com areia e cal. Após mais de 200 anos, observou-se a deterioração de alguns revestimentos cerâmicos de edificações surgindo uma grande preocupação com a recuperação das fachadas desses patrimônios históricos e, conseqüentemente, um estudo mais aprofundado sobre as antigas argamassas de cal. Desta forma, os principais objetivos do presente trabalho são: examinar a extensão de aderência de revestimentos de azulejo na interface tardoza/argamassa de assentamento de amostras oriundas da cidade de Ovar, em Portugal, bem como propor argamassas de assentamento de azulejos para restauro, a base de cal e metacaulim, baseado na análise de resultados de ensaios de resistência de aderência à tração e na extensão de aderência com lupa estereoscópica. Foram estudados 3 casos de Portugal, provenientes de revestimentos de fachadas, e 4 argamassas novas com traço 1:3 (em volume), variando de 0%, 5%, 10% e 15% de metacaulim em substituição parcial à cal. Os resultados na análise da extensão de aderência dos revestimentos portugueses mostram aderência significativa nos *casos 1 e 3*. Os resultados obtidos no ensaio de resistência de aderência à tração das amostras moldadas em laboratório com as argamassas de restauração foram bastante inferiores aos resultados de ensaios realizados nas amostras históricas de Portugal.

**PALAVRAS-CHAVE:** restauração, argamassa, cal, aderência, interface

## 1. INTRODUÇÃO

A recuperação de fachadas históricas de azulejo é importante tanto pela proteção oferecida às edificações contra ações de intempéries quanto pelo fator cultural que tais sistemas representam para a arquitetura por suas belas configurações e também na construção civil por serem notáveis no aspecto construtivo de séculos passados. Veiga (2003) acredita

---

<sup>1</sup> Orientanda

<sup>2</sup> Orientadora

que entre tantos fatores importantes da conservação e recuperação estão a proteção da alvenaria contra ações climáticas, choque mecânicos, contaminação ambiental e além disso contribuem para o acabamento da edificação e ainda considera os rebocos antigos influentes na resistência mecânica das alvenarias por serem estas mais frágeis que as atuais, tendo não só função de cobertura mas também estrutural.

Motta (2004, *apud* CAMPOS et al, 2007) considera a recuperação importante por relembrar a cultura de nações passadas e a bela riqueza de detalhes tão distinta dos dias atuais. Assim, o processo de restauro conserva as edificações e mantém viva toda a beleza das ilustres fachadas azulejadas de Ovar.

Para recuperação das fachadas, é importante que se conheça muito bem a argamassa presente nos locais de restauração. As argamassas do século XIX da cidade de Ovar eram produzidas utilizando-se como aglomerante a cal, diferentemente de hoje em que as argamassas mais comuns são à base de cimento. No restauro dessas argamassas históricas não pode ser utilizado argamassas de cimento, pois elas fixam as novas placas, mas acabam deteriorando as placas vizinhas por sua ação mais intensa que a cal. É também necessário que as pessoas atuantes no processo de restauração possuam além de técnica, conhecimentos aprofundados sobre os materiais e métodos a serem utilizados.

Dada a situação vigente, é importante fomentar a aplicação em obras de conservação e restauro e sempre que seja necessária a aplicação de nova argamassa, de argamassas que sejam compatíveis com as paredes existentes, utilizando produtos disponíveis no mercado, e ao mesmo tempo adequadas à prática construtiva actual. Para o caso específico de obras mais exigentes, como por exemplo monumentos, é possível o recurso a materiais com menor disponibilidade comercial e a mão-de-obra especializada, que começa a aparecer em Portugal. (VELOSA, 2006)

O mecanismo de aderência tem papel fundamental no assentamento de azulejos, uma vez que é responsável por tornar possível a união entre a placa cerâmica e o substrato sobre o qual ela é assentada. O descolamento das placas deixa exposta a superfície onde estavam e acarreta sérias patologias aos edifícios, como infiltração, ação de fungos entre outros, além de danificar a estética do edifício.

Segundo Carasek (1996), a aderência é um fenômeno mecânico que pode ser constatado tanto por sua resistência quanto por sua extensão de contato. As fachadas azulejadas dependem de muitos fatores mecânicos, físicos e químicos, como, por exemplo, a resistência à tração na flexão, resistência à compressão, resistência de aderência à tração, carbonatação e outros. Dentre estes a principal responsável por tornar possível o assentamento das placas nas fachadas é a resistência de aderência à tração, por ser atuante contra a ação da

gravidade em todo o tempo, sem a aderência seria impossível que as placas se mantivessem nas posições em que foram assentadas.

Desta maneira, esta pesquisa busca conhecer as argamassas de cal do século XIX, principalmente, as características do mecanismo de aderência para contribuir na recuperação das belíssimas fachadas azulejadas da cidade de Ovar, em Portugal, e em cidades brasileiras que receberam influência portuguesa e possuam também fachadas azulejadas.

A presente pesquisa está inclusa no Projeto AZULEJAR em parceria com a Universidade de Aveiro, com a coordenação desta, e que a Universidade Federal de Goiás participa com contribuições por meio do mestrado orientado por Japiassú (2011) e com pesquisa de iniciação científica de Carvalho (2011) analisando diversos aspectos das argamassas históricas e de argamassas para restauração.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em duas etapas principais relacionadas no organograma da Figura 1.

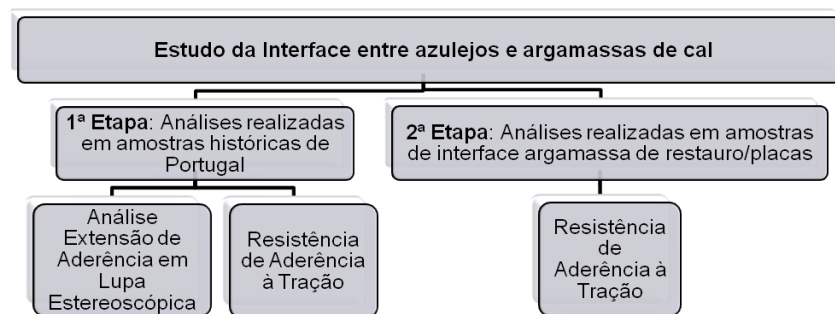


Figura 1 – Organograma da pesquisa.

### 2.1. Materiais




#### 2.1.1. 1ª Etapa

As amostras analisadas nesta etapa, são constituídas de azulejos contendo argamassa de assentamento ainda aderida em seus tardozeos (Figura 2), e vieram da cidade de Aveiro, em Portugal, representando 3 fachadas de casas revestidas com azulejos do século XIX, os quais foram denominados de casos 1, 2 e 3, conforme Tabela 1.



Figura 2 – Exemplo de amostra de revestimento histórico de Portugal.

Tabela 1 – Fachadas das edificações de Ovar.

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Fachada da edificação			
Endereço	Rua Visconde de Ovar	Rua Dr. Antônio Sobreira	Rua Sobral

Foi realizada a reconstituição de traço das argamassas históricas, no laboratório do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo e os resultados estão compilados nas Tabelas 2, 3 e 4.

Tabela 2 – Características dos agregados das argamassas históricas.

Argamassa	Porcentagem de Agregado (%)	Granulometria (mm)	Faixa de predominância de grãos (mm)	Tipo de grãos
Caso 1	65-70	0,03–2,5	0,9-1,2	Arredondados a subarredondados. Esfericidade moderada a alta.
Caso 2	60-65	0,2 – 5,5	0,8-1,2	Subangulosos a arredondados. Esfericidade baixa a moderada.
Caso 3	70-75	0,2– 2,0	0,4-0,6	Subangulosos a subarredondados. Esfericidade moderada a alta

Tabela 3 – Relação dos vazios encontrados nas argamassas históricas.

Argamassa	Vazios (%)	Espessura Microfissuras (mm)	Diâmetro Bolhas de ar (mm)	Comprimento de Vazios alongados (mm)	Comprimento de possíveis grãos arrancados (mm)
Caso 1	10	0,1 - 0,3 Raros	0,2 - 1,0 Comuns	0,7 - 1,2 Comuns	0,5 - 1,0 Raros
Caso 2	15-20	<0,01 Comuns	4 - 2,5 Comuns	3,5 Comuns	-
Caso 3	10-15	<0,1 Comuns	0,2-0,5 Raras	5 Comuns	1,2 - 1,6 Comuns

Tabela 4 – Resultados de reconstituição do traço das argamassas históricas.

Argamassa	Reconstituição de Traço
Caso 1	1 : 2,2
Caso 2	1 : 2,2
Caso 3	1 : 3,9

### 2.1.2. 2ª Etapa

Na segunda etapa, foram preparadas quatro argamassas em laboratório que serviram para assentar azulejos para realização dos ensaios de resistência de aderência à tração. Os materiais utilizados nessa etapa foram: cal hidratada, areia, metacaulim, azulejo e bloco cerâmico (usado como base de assentamento). A areia caracteriza-se por ser média (grãos entre 1,2 mm a 0,42 mm), com módulo de finura 2,0, com dimensão máxima característica de 2,38 mm e com grãos predominantes entre 0,15 mm a 1,20 mm; a curva granulétrica é mostrada na Figura 3.

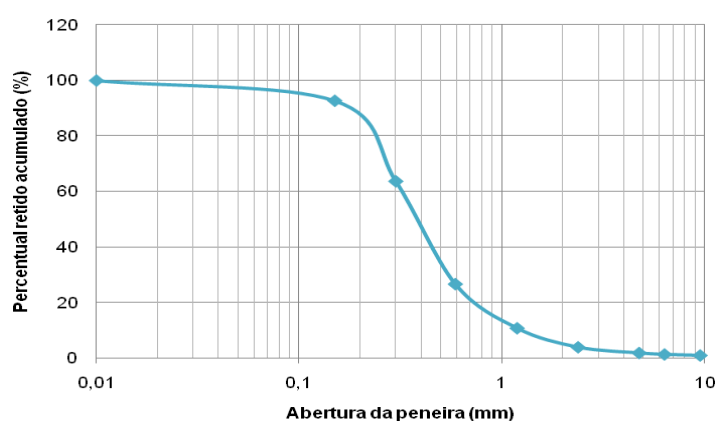


Figura 3 – Curva granulométrica da areia da argamassa de restauração.

As argamassas foram constituídas pelos mesmos materiais e mantiveram a relação em volume de 1: 3 (aglomerante: areia). Os teores de metacaulim definidos foram de 0%, 5%, 10% e 15%, em substituição da cal em volume, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 5 – Nomenclatura e proporcionamento das argamassas de reabilitação, em volume e em massa.

Código da argamassa	Proporcionamento volumétrico			Proporcionamento em massa		
	Cal	Metacaulim	Areia	Cal	Metacaulim	Areia
A	1	0	3	1	0	7,45
B	1	0,047	3,157	1	0,05	7,84
C	1	0,099	3,332	1	0,11	8,27
D	1	0,159	3,528	1	0,18	8,76

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Extensão de Aderência

As amostras provenientes de placas cerâmicas com argamassa aderida do século XIX foram divididas em três casos com quantidade de placas variável por caso. Para que pudessem ser analisadas na lupa elas foram cortadas em fatias de 1,5 cm a 2 cm de largura e

7,5 cm de comprimento, em média. Utilizou-se cortadeira de precisão modelo Minitom da marca Struers e dois tipos de solução para diminuir o atrito durante o corte: solução de cal e terebentina. Foram geradas 30 amostras, num total de 60 faces a serem analisadas. Após o corte realizado na transversal, as amostras foram marcadas de três em três milímetros alternando-se as cores rosa e preto para possibilitar a análise de toda a extensão de aderência sem que ocorresse equívocos no exame do próximo trecho da amostra (Figura 4).

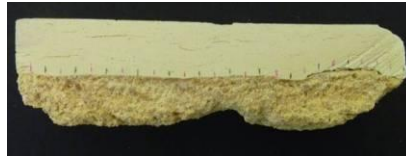


Figura 4 - Amostra para a análise da extensão de aderência

As amostras foram fotografadas em cada extensão de três milímetros em todo o comprimento da interface argamassa/tijolo. Utilizando software da lupa modelo MZ125 da marca Leica, a interface foi dimensionada no seu total somando-se os valores obtidos em cada imagem e posteriormente também nos seus vazios.

A extensão de aderência foi obtida pela equação:

$$Ext = \frac{Lt - Lv}{Lt} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

Ext é a extensão de aderência (porcentagem de argamassa que continua aderida);

Lt é o comprimento total da amostra; e

Lv é o comprimento dos locais sem argamassa aderida.

### 2.2.2. Resistência de Aderência à Tração

O ensaio de resistência de aderência à tração foi realizado tanto nas amostras históricas (oriundas de Portugal), quanto com azulejos assentados com argamassas de restauração produzidas em laboratório.

As amostras históricas utilizadas no ensaio de resistência de aderência à tração foram as utilizadas na análise da extensão de aderência e possuem largura entre 1,5 cm e 2 cm, sendo cortadas novamente para atingirem o comprimento de 5 cm. Assim, foi feita uma adaptação para a realização do ensaio de resistência de aderência já que as placas não possuíam os 25 cm<sup>2</sup> de área recomendado pela norma, sendo substituídas pela área azulejada que cada amostra possuía. Elas foram preparadas limpando-se as superfícies com álcool e pano seco para remover impurezas. As amostras foram coladas nas pastilhas metálicas centralizadas e para a determinação da resistência de aderência seguiu-se o procedimento

descrito em *f*) a seguir.

No caso dos revestimentos novos, de restauração, foram seguidos os seguintes passos:

#### **a) Preparação dos Blocos Cerâmicos**

Os blocos cerâmicos foram pré-selecionados de forma que possuíssem características visuais próximas entre si (cor e dimensão). Foram colocados em ambiente de laboratório com sua maior dimensão na vertical, distantes em média 3 cm um do outro por um período de sete dias antes da moldagem dos corpos-de-prova com objetivo de homogeneizar a umidade.

#### **b) Preparação da Argamassa da Camada de Regularização e de Assentamento da Placa Cerâmica**

A argamassa de regularização foi preparada em argamassadeira contendo uma cuba com um volume de 20 L. O material foi misturado num recipiente seco até que estivesse bem homogêneo. A cuba era umedecida antes da colocação do material.

Ligava-se a argamassadeira e acrescentava-se a água pesada em balança ao longo dos primeiros 30 s. Após 2,5 min, a argamassadeira era desligada e o material aderido às suas laterais era removido com uma espátula e misturado manualmente com toda a argamassa contida na cuba. A argamassadeira era novamente ligada por mais 1,5 min e a mistura estava pronta.

#### **c) Moldagem da Camada de Regularização**

Os blocos cerâmicos foram mergulhados na água e retirados rapidamente para umedecer sua superfície e tiveram uma absorção média de 67,8 g. Uma fôrma com laterais móveis untadas com óleo diesel foi encaixada ao bloco cerâmico com a finalidade de nivelar a camada e manter a mesma espessura por toda a extensão do bloco.

Para garantir a altura padrão da camada, a fôrma era nivelada com 4 cantoneiras em forma de L com 1,5 cm de altura e depois retiradas quando a fôrma já estava corretamente posicionada (Figura 5 (a)). A argamassa foi colocada sobre o bloco cerâmico e espalhada por toda a superfície acrescentando-se o necessário para a camada atingir a altura da fôrma.

Por todo o bloco, a argamassa foi acomodada utilizando um soquete, aplicando 75 golpes com movimentos de sobe e desce na vertical (Figura 5 (b)). Uma espátula foi utilizada para preencher os sulcos deixados pelo soquete e, quando necessário, mais argamassa foi acrescentada. Com uma régua metálica rasou-se a superfície de regularização (Figura 5 (c)) e com uma desempenadeira umedecida foi feito o acabamento (Figura 5 (d)). As fôrmas foram removidas (Figura 5 (e)) afrouxando-se os parafusos laterais.



Figura 5 (a)

Figura 5 (b)

Figura 5 (c)

Figura 5 (d)

Figura 5 (e)

#### **d) Preparação das Placas Cerâmicas**

As placas cerâmicas (15 cm x 15 cm) foram limpas com água e escova, colocadas na estufa à 100°C durante 48 horas e armazenadas em ambiente de laboratório, para que houvesse uma padronização da preparação das placas.

Com caneta porosa, riscou-se linhas paralelas a todas as laterais da placa cerâmica, distanciadas 5 cm entre si, dividindo-a em 9 partes iguais. Posteriormente, os azulejos foram cortados com uma riscadeira, gerando placas quadradas com lado igual a 5 cm.

#### **e) Assentamento das Placas Cerâmicas**

Sete dias após ter sido moldada, a camada de regularização foi riscada com grafite para manter 4,5 cm de distância da extremidade na dimensão de 19 cm e 5 cm na dimensão de 29 cm. Foram utilizadas duas formas metálicas em forma de L, uma com 5 cm de lado e outra com 6 cm, ambas com 1,5 cm de altura.

Antes de colocar a argamassa sobre a camada de regularização, ela era umedecida com 8 borrifadas no exato local de assentamento (Figura 6 (a)), uma média de 3,4 g de água, as fôrmas eram posicionadas nos quadrados desenhados (Figura 6 (b)) e preenchidos com argamassa até 5 mm acima de sua altura (Figura 6 (c)).

O azulejo a ser assentado era mergulhado na água e retirado rapidamente (Figura 6 (d)), absorvendo em média 1,6 g de água. O assentamento foi feito vibrando e pressionando a placa sobre a argamassa até atingir a altura da fôrma utilizada (Figura 6 (e)). Um peso de 2 kg foi colocado sobre a placa cerâmica durante 1 minuto (Figura 6 (f)), enquanto isso as fôrmas eram removidas e retirado o excesso das laterais da placa assentada (Figura 6 (g)). Ao fim do tempo estabelecido o peso era removido e o procedimento estava finalizado (Figura 6 (h)).

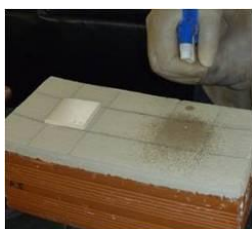


Figura 6 (a)

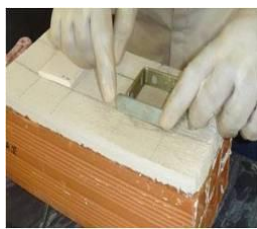


Figura 6 (b)



Figura 6 (c)



Figura 6 (d)





Figura 6 (e)

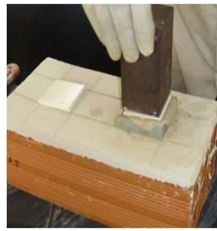


Figura 6 (f)



Figura 6 (g)

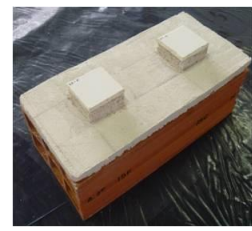


Figura 6 (h)

#### f) Ensaio de Resistência de Aderência à Tração

Foi realizado um ensaio piloto e notou-se que a superfície ensaiada era a camada de regularização e não a interface tardo/argamassa então optou-se por remover as amostras da camada de regularização com alguns leves golpes utilizando talhadeira e marreta. As amostras removidas foram coladas em substratos-padrão e seguiram-se orientações da norma ABNT NBR 14084 (2005) para realização do ensaio.

Antes do início do ensaio de resistência de aderência à tração, as superfícies dos 12 corpos-de-prova a serem testados e das 12 pastilhas metálicas a serem utilizadas foram limpas com álcool e pano seco para remoção de partículas soltas. A cola utilizada foi a cola plástica universal Anjo, aplicada bem homogeneizada na pastilha com espátula e pressionada sobre a superfície do revestimento cerâmico, de forma totalmente centrada garantindo o espalhamento da cola (Figura 7 (a)). Era verificado o nível da amostra para que fosse o mesmo do equipamento e assim as cargas aplicadas fossem totalmente ortogonais (Figura 7 (b) e (c))

Após a secagem da cola, o equipamento foi montado e seu eixo regulado de forma totalmente ortogonal ao plano do revestimento. Não havia flutuação do dispositivo de leitura e o esforço de tração foi aplicado até a ruptura do corpo-de-prova (Figura 7 (d) e (e)). As cargas de ruptura foram anotadas. Foram realizados ensaios nas idades de  $45 \pm 3$  dias e  $100 \pm 3$  dias.



Figura 7 (a)



Figura 7 (b)



Figura 7 (c)



Figura 7 (d)



Figura 7 (e)

A tensão de aderência à tração é obtida pela fórmula:

$$T = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Em que:

T é a tensão (MPa);

F é a força de ruptura (N); e

A é a área da seção de aplicação da força (m<sup>2</sup>).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Análise da Extensão de Aderência na Lupa Estereoscópica

Algumas partes das amostras foram desconsideradas para a análise na lupa estereoscópica: a extremidade da amostra e interfaces com aparência lavada. O “método do bolão”, frequentemente utilizado no século XIX, para assentamento de placas cerâmicas causa falhas de aderência nas extremidades das amostras, não sendo considerado um problema de aderência, mas de aplicação. A interface lavada é consequência da utilização de solução aquosa no corte, em que a solução arrancava a argamassa antes aderida ao tardo.

A Tabela 6 apresenta a média, desvio padrão e coeficiente de variação dos resultados obtidos.

Tabela 6 – Resultados da análise de extensão de aderência

Caso	Média (%)	Desvio Padrão (%)	Coef. Variação (%)
1	82	10	12
2	64	16	26
3	83	4	5

Foi realizado teste proposto por Nanni e Ribeiro (1999), com nível de significância de 95%, para verificação de espúrios e não houve nenhuma rejeição no teste realizado.

Um fator bastante influente na porcentagem da extensão de aderência é a granulometria da argamassa em estudo. Os grãos mais finos tornam a argamassa mais trabalhável e contribuem no preenchimento de possíveis vazios deixados entre grãos maiores diminuindo a porosidade e dessa forma aumentando a porcentagem de argamassa aderida ao tardo do azulejo e também ao substrato. Argamassas com grãos de agregado de maior diâmetro não permitem o completo preenchimento dos vazios entre os grãos e diminuem a trabalhabilidade da argamassa, dificultando a aderência.

Além do tamanho dos grãos, a forma geométrica também influencia nos resultados de extensão de aderência. Grãos mais arredondados conferem à argamassa mais trabalhabilidade permitindo que a argamassa se distribua de maneira mais ampla, aumentando a extensão de aderência. Os grãos mais angulosos, além de diminuírem a trabalhabilidade geram um maior consumo de água na argamassa proporcionando um enfraquecimento da aderência.

Como se pode observar, o Caso 1 e o Caso 3 possuem os menores diâmetros dos grãos: entre 0,03 mm a 2,5 mm no Caso 1 e 0,2 mm a 2,0 mm no Caso 3 e os agregados presentes nas duas argamassas analisadas possuem formato geométrico parecido, nas formas arredondado a subarredondado no Caso 1 e sub anguloso a sub arredondado no Caso 3, ambos com alta esfericidade. O Caso 2 possui grãos consideravelmente grandes, com diâmetro de 0,2 a 5,5 mm, subangulosos a arredondados, porém com esfericidade baixa a moderada, explicando sua baixa extensão de aderência e a grande diferença na extensão de aderência quando comparado com os Casos 1 e 3.

Outro fator que pode interferir na extensão de aderência das argamassas antigas é os vazios provocados pelo aprisionamento de bolhas de ar na argamassa (Figura 8 (a)). Nos três casos esses vazios aparecem com variados tamanhos e um local comum de aparecimento de bolhas de ar é na curva de reentrância do tardez das placas. Porém, quando o tardez é liso (Figura 8 (b)), ou seja, sem muratura, a aderência é prejudicada por haver uma diminuição do atrito causado por esta.

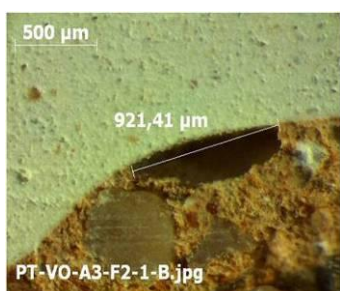


Figura 8 (a)

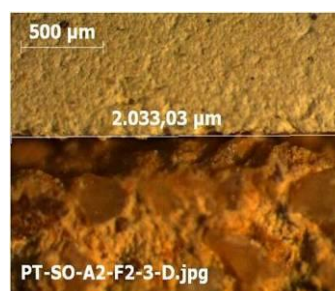


Figura 8 (b)

Figura 8 - Possível Bolha de ar aprisionada na curva de reentrância (a), falta de muratura no tardez com conseqüente ruptura entre tardez e argamassa (b).

### 3.2. Resistência de Aderência

Os resultados de resistência de aderência à tração das amostras históricas estão relacionados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados de resistência de aderência à tração das amostras históricas de Portugal.

Traço	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coef. De Variação	Tipo de Ruptura	Média da Porcentagem de Argamassa Aderida no Tardez (%)
Caso 2	0,13	0,06	47	Argamassa/Tardez	65
Caso 3	0,34	0,16	46	Argamassa	100

As argamassas históricas tiveram elevados resultados de resistência de aderência à tração, fato devido tanto ao proporcionamento das argamassas, traço de 1:3 (em massa), por serem ricas em cal, quanto por uma característica particular da cal que tende a aumentar sua resistência com o passar do tempo e atingir elevadas resistências.

Os resultados obtidos no ensaio de resistência a aderência para as argamassas de restauração encontram-se na Tabela 8 e 9.

Tabela 8 – Resultados de resistência de aderência à tração das amostras de restauração aos 45 dias.

Traço	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coef. De Variação (%)	Tipo de Ruptura	Média da Porcentagem de Argamassa Aderida no Tardoz (%)
A	0,014	0,002	16	Argamassa/Tardoz	7
B	0,018	0,010	56	Argamassa/Tardoz	7
C	0,048	0,032	67	Argamassa/Tardoz	12
D	0,051	0,024	46	Argamassa/Tardoz	13

Tabela 9 – Resultados de resistência de aderência à tração das amostras de restauração aos 100 dias.

Traço	Média (MPa)	Desvio Padrão (MPa)	Coef. De Variação (%)	Tipo de Ruptura	Média da Porcentagem de Argamassa Aderida no Tardoz (%)
A	0,013	0,009	70	Argamassa/Tardoz	3
B	0,035	0,024	67	Argamassa/Tardoz	3
C	0,048	0,018	38	Argamassa/Tardoz	4
D	0,132	0,059	45	Argamassa/Tardoz	9

Os resultados obtidos mostram uma evolução da resistência de aderência à tração nos traços B e D entre as idades de 45 dias e de 100 dias. Nos traços A e C, a resistência se mantém constante. Devido à carbonatação da cal, à medida em que se aumentam as idades das argamassas, há um aumento da resistência de aderência.

O aumento do teor de metacaulim promove um aumento da resistência de aderência à tração, como pode ser visto na Figura 10. Por ser mais fino que a cal, ele é capaz de ocupar vazios e aumentar a trabalhabilidade da argamassa, além de apresentar ganho de resistência devido às reações pozolânicas.

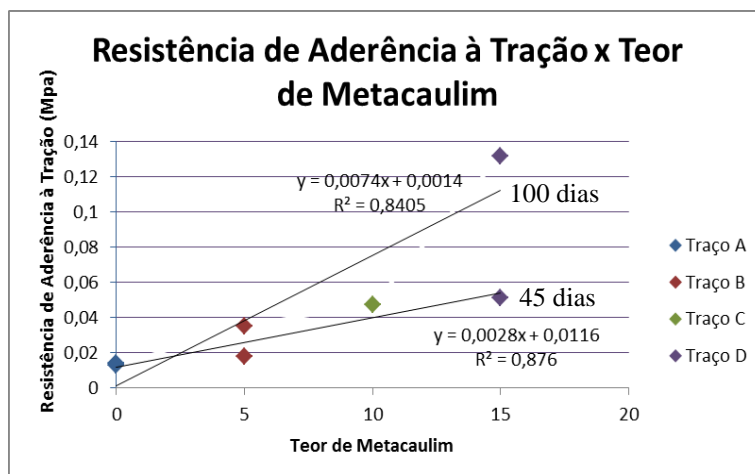


Figura 9 – Resistência de aderência à tração x Metacaulim aos 45 dias e aos 100 dias.

Quando comparados os resultados das amostras de argamassas de Portugal e as argamassas de restauração, observa-se que estas foram muito inferiores às aquelas. Um dos motivos é a idade da argamassa, pois quanto maior for a idade, a cal estará mais carbonatada e, conseqüentemente, a argamassa terá sua resistência aumentada.

Outro fator que pode explicar a disparidade de resultados é a grande diferença entre a proporção aglomerante/agregado utilizada nas amostras de laboratório e a proporção aglomerante/agregado das argamassas históricas.

A análise realizada no laboratório do IPT-SP obteve na reconstituição de traço uma média de relação aglomerante/agregado de 1:3 em massa, enquanto foi utilizado um traço médio de 1:8 nas argamassas de restauração. Essa relação interfere com grande intensidade na aderência por que é o aglomerante o responsável pela aderência da argamassa ao tardoz. O agregado é responsável por dar estabilidade estrutural e mecânica sem interferir nas reações químicas que tornam a aderência possível.

O traço D aos cem dias atingiu a mesma tensão de aderência do caso 2 de Portugal, isso se deve principalmente à granulometria da areia utilizada na argamassa do Caso 2 como foi exposto anteriormente, baixando sua resistência. Dessa forma, os resultados obtidos mostram que os traços propostos com o decorrer do tempo ganharão resistência e poderão ser semelhantes às argamassas portuguesas.

Para as argamassas de restauração, realizaram-se ensaios de resistência à tração na flexão em corpos de prova, além do ensaio de resistência de aderência à tração. Ao comparar os resultados obtidos, nota-se claramente a relação direta entre resistência de aderência à tração e resistência à tração na flexão, ambos crescem com o aumento do teor de metacaulim (Figura 11).

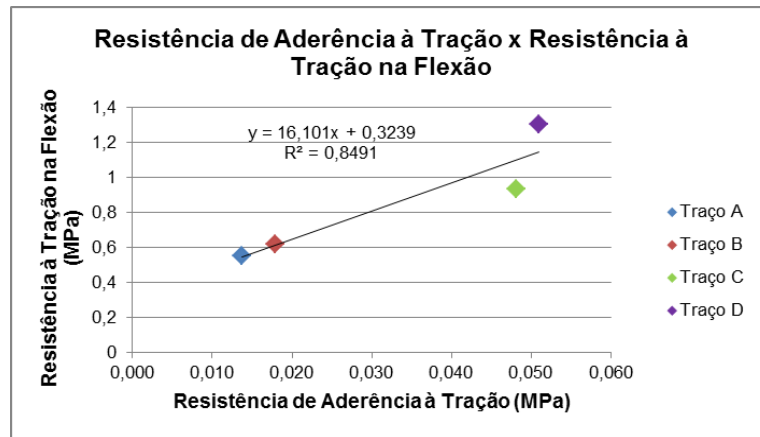


Figura 10 – Resistência à tração na flexão x Resistência de Aderência à tração (aos 45 dias).

### 3. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado, conclui-se que:

- A granulometria da areia da argamassa interfere de forma significativa na aderência, pois interfere na trabalhabilidade da argamassa;
- O aumento no teor de metacaulim nas argamassas com cal, até 15%, leva a um incremento da resistência de aderência à tração;
- Quanto maior for a idade da argamassa de cal, maior será o ganho de resistência de aderência, devido à carbonatação;
- A resistência de aderência à tração é diretamente proporcional à resistência à tração na flexão.

### 4. REFERÊNCIAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14084**: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas – Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro, 2005e.

CAMPOS, M. A. N. et al. **A Utilização da Cal Conchífera em Monumentos Históricos no Espírito Santo**. 2007. 11 f.– Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007.

CARASEK, H. **Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos**: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo de ligação. 1996. 285 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARVALHO, P. E. F. **Caracterização de argamassas de cal aérea provenientes de revestimentos históricos e proposição de novas argamassas de cal para reabilitação.** Goiânia, 2011.

JAPIASSÚ, P. R. **Estudo do mecanismo de aderência de azulejos e argamassas de cal em revestimentos históricos.** 2011. 283 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011.

NANNI, L. F.; RIBEIRO, J. L. **Planejamento e Avaliação de Experimentos.** Porto Alegre, CPGEC/UFRGS, 1987 (Caderno de Engenharia Civil CE – 17)

VELOSA, A. L. P. L. **Argamassas de cal com pozolanas para revestimento de paredes antigas.** 2006. 250 f. Tese (Doutor em Engenharia Civil) – Universidade de Aveiro, Aveiro, 2006.

VEIGA, M. R. **As argamassas na conservação.** In Actas das 1<sup>as</sup> Jornadas de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Avaliação e reabilitação das construções existentes. Aveiro, 2003.