

ESTUDO DA CAPILARIDADE PARA ARGAMASSAS DE MÚLTIPLO USO *

Markssuel Teixeira Marvila¹

Jonas Alexandre²

Afonso Rangel Garcez Azevedo³

Euzébio Bernabé Zanelato⁴

Sergio Neves Monteiro⁵

Geovana Carla Girondi Delaqua⁶

Lucas Fonseca Amaral⁷

Resumo

A Capilaridade, definida como um fenômeno de atração e repulsão, que ocorre no contato de líquidos com um sólido, fazendo com que este líquido se desloque sobre a superfície sólida, é um dos parâmetros primordiais para analisar a durabilidade de argamassas de múltiplo uso. Neste contexto quatro traços de argamassas, dosadas em laboratório e industriais com diferentes níveis de consistência, foram utilizadas para avaliar a correspondência entre as normas brasileira NBR 15259 (ABNT, 2005) e europeia UNI EM 15801 (2010) para cálculo do coeficiente de capilaridade. Os resultados indicam que mesmo seguindo procedimentos bastante divergentes ambas as normas proporcionaram valores de coeficiente de capilaridade para todos os traços estudados. Assim sendo fica comprovada a equivalência técnica das duas normas estudadas para obtenção do coeficiente de capilaridade.

Palavras-chave: Capilaridade, Argamassa de múltiplo uso, Coeficiente de capilaridade.

STUDY OF CAPILLARITY FOR MULTIPLE-USE MORTARS.

Abstract

The capillarity, defined as a phenomenon of attraction and repulsion, that occurs in the contact of liquids with a solid, causing this liquid to move on the solid surface, is one of the primordial parameters to analyze the durability of mortars of multiple use. In this context, four traces of mortars, dosed in the laboratory and industrial ones with different levels of consistency, were used to evaluate the correspondence between Brazilian standards NBR 15259 (ABNT, 2005) and European standards UNI EM 15801 (2010) to calculate the capillary coefficient. The results indicate that even following very divergent procedures both standards provided capillary coefficient values for all traits studied. Thus, the technical equivalence of the two norms studied to obtain the capillary coefficient.

Keywords: Capillarity, Multiple-Use Mortars, Capillary Coefficient.

¹ Engenheiro Civil, mestrando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

² Engenheiro Civil, doutor em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

³ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁴ Engenheiro Civil, doutorando em Estruturas, LECIV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁵ Engenheiro Metalúrgico, PhD em Engenharia e Ciência dos Materiais, IME, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁶ Bióloga, mestre em Ciência dos Materiais, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

⁷ Engenheiro da Madeira, doutorando em Ciência dos Materiais, LAMAV, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Capilaridade é definida como a movimentação, geralmente ascendente, em algum fluido, que na maioria dos casos é à água, através de tubos ou poros para o caso das argamassas com diâmetro entre $0,01\mu\text{m}$ a $10\mu\text{m}$. Este fenômeno pode ser explicado da seguinte maneira: as moléculas do líquido são atraídas pelas moléculas presente nos poros da argamassa, que por serem muito finas agem como se fossem um tubo, por causa das interações intermoleculares. Desse modo o líquido fica “grudado” na parede. O que causa o movimento ascendente é que a molécula presente no tubo, imediatamente acima da superfície do líquido, atrai a molécula do líquido que começa a subir alinhando-se a molécula que o atraiu. Quando isso acontece à molécula imediatamente acima atrai o líquido restante, e assim o ciclo se repete, provocando desta forma o movimento ascendente. [1]

Capilaridade também pode ser definida como um fenômeno de atração e repulsão, que ocorre no contato de líquidos com um sólido, fazendo com que este líquido suba ou desça sobre a superfície sólida. A tendência dos líquidos subirem nos tubos capilares é chamada de capilaridade ou ação capilar, sendo isso consequência da tensão superficial dos líquidos. [1]

Este fenômeno é pouco estudado para argamassas de múltiplo uso, porém apresenta grande importância para compreensão e previsão da durabilidade das argamassas. Em estudos deste tipo de material, existe muita preocupação com a resistência mecânica que o material irá apresentar, mas quase nenhuma preocupação com os parâmetros de durabilidade do material, que serão necessários para previsão da vida útil que as argamassas irão apresentar. [2]

Além disso, por ser um material utilizado no acabamento dos revestimentos, as argamassas devem ser analisadas quanto a sua aparência também. Logo este deve ser um parâmetro incluído nos estudos de argamassas de múltiplo uso. Nesse contexto, a facilidade ou dificuldade com que as argamassas transportam fluidos para seu interior é um parâmetro que deve ser analisado para entendimento da durabilidade do material, seja avaliando a durabilidade tradicional ou a durabilidade estética. [2]

A sucção capilar é um dos mecanismos de transporte mais importantes de entrada de agentes agressivos nos poros das argamassas, e por isso deve ter seu estudo destacado. Este fenômeno está ligado diretamente à estrutura e ao tamanho dos poros. Este ensaio é amplamente utilizado como forma de estimar a maior ou menor susceptibilidade de novos materiais frente à degradação. [2]

Neste cenário o presente artigo tem por objetivo estudar a capilaridade de argamassas de múltiplo uso tomando como base duas metodologias para calcular o coeficiente de capilaridade: a metodologia brasileira [3], que pode ser considerada menos conservadora, e a metodologia utilizada pela norma europeia [4], que pode ser considerada mais rígida. Assim serão comparadas as duas metodologias a fim de verificar se as duas apresentam equivalência estatística ou não.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Definição dos traços

Para estudar o coeficiente de capilaridade das argamassas de múltiplo uso foram utilizados os seguintes traços: um traço confeccionado em laboratório nas proporções 1:1:6 (cimento Portland CP II-E: cal hidratada CHIII: areia lavada) com a quantidade de água determinada pela NBR e consistência de 260 ± 5 mm conforme determinação da norma; um traço industrializado com três consistências analisadas e determinadas conforme norma NBR, um traço com baixa consistência (< 255 mm); um traço com consistência normal (260 ± 5 mm) e um traço com alta consistência (> 265 mm).

Os traços estudados estão resumidos na tabela 1, da seção Resultados e Discussões.

2.2 Ensaio de Consistência [5]

Os ensaios de consistência foram realizados de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016) [5], que recomenda o índice de consistência (260 ± 5) mm. Por tentativa e erro o ensaio é repetido até que se encontre o índice recomendado. A quantidade de água adicionada na dosagem é determinada desta maneira, sendo utilizada a quantidade onde este índice é alcançado.

Neste ensaio, utiliza-se uma forma tronco-cônica de 12,5 cm de diâmetro de base, 8,0 cm de diâmetro de topo e 6,5 cm de altura. A mesa circular deve possuir um diâmetro de 50 cm e pesar 12,0 kg, além de uma altura de queda de 14 mm. Após a mistura da argamassa, o molde é colocado no centro da mesa e preenchido por três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, e aplicados golpes moderados do soquete, sendo 15 golpes na primeira camada, 10 golpes na segunda e 5 golpes na terceira uniformemente distribuídos. Em seguida, é realizado o rasamento da argamassa passando a régua metálica rente à borda do molde tronco cônico. Depois de retirado o molde, a manivela é acionada, efetuando 30 quedas em 30 segundos. Dessa maneira é possível medir o espalhamento da argamassa, que é medido com uma régua em três direções diferentes. Caso este espalhamento fique no limite da norma (260 ± 5 mm), o valor de água adicionado à mistura é o utilizado nos ensaios posteriores. A figura 1 ilustra o procedimento deste ensaio.



Figura 1. Procedimento do ensaio de consistência para argamassas.

Nos traços com argamassa industrializada foram utilizadas três limites de consistência, a saber: alta consistência (abatimento > 265mm); consistência normal (abatimento dentro do estipulado pela norma); e baixa consistência (abatimento < 255mm). Os valores de água obtidos para cada um destes traços é indicado em Resultados e discussões.

2.3 Coeficiente de Capilaridade pela norma brasileira [3]

O ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade foi executado de acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005) [3]. Para a realização do ensaio se utilizou três corpos-de-prova confeccionados de acordo com a norma NBR 13279 (ABNT, 2005), ou seja, os corpos de prova são prismáticos 4x4x16cm [6].

Após 28 dias de cura, lixa-se a superfície do corpo de prova com lixa grossa e determina-se a massa inicial (m_0). A face quadrada dos corpos de prova deve ser posicionada sobre suportes no recipiente de ensaio, evitando a molhagem de outras superfícies. O nível de água deve permanecer constante a (5 ± 1) mm acima da face em contato com a água. A partir da colocação dos corpos de prova, em contato com a água, determina-se a massa após 10 minutos (m_{10}) e após 90 minutos (m_{90}).

Para determinar o coeficiente de capilaridade aplica-se a equação:

$$C = m_{90} - m_{10}$$

onde:

C – coeficiente de capilaridade, em gramas por decímetro quadrado pela raiz quadrada de minuto ($\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$);

M10 – massa do corpo de prova após 10 minutos;

M90 – massa do corpo de prova após 90 minutos.

2.4 Coeficiente de Capilaridade pela norma europeia [4]

O ensaio segue os procedimentos estabelecidos pela UNI EM 15801 (2010) [4] que estipula um mínimo de 3 corpos de prova, de qualquer geometria (prismático ou cilíndrico) para cada traço estudado. Neste estudo foram utilizados 3 corpos de prova prismáticos 4x4x16cm.

Após o tempo de cura de 28 dias, a superfície dos corpos de prova é lixada e o procedimento para execução do ensaio segue de forma bem parecida com o estipulado pela norma brasileira. A diferença é que a partir da colocação dos corpos de provas a massa é medida nos seguintes tempos: 0s, 10min, 30min, 60min, 90min, 120min, 240 min, 480 min, 960 min e 1440 min. Obtido esses valores para cada traço deve ser confeccionado um gráfico de $\text{kg/m}^2 \times \text{min}^{1/2}$, conforme a figura 02. O valor do coeficiente de capilaridade é obtido através da regressão linear do primeiro trecho do gráfico, que apresenta tendência linear.

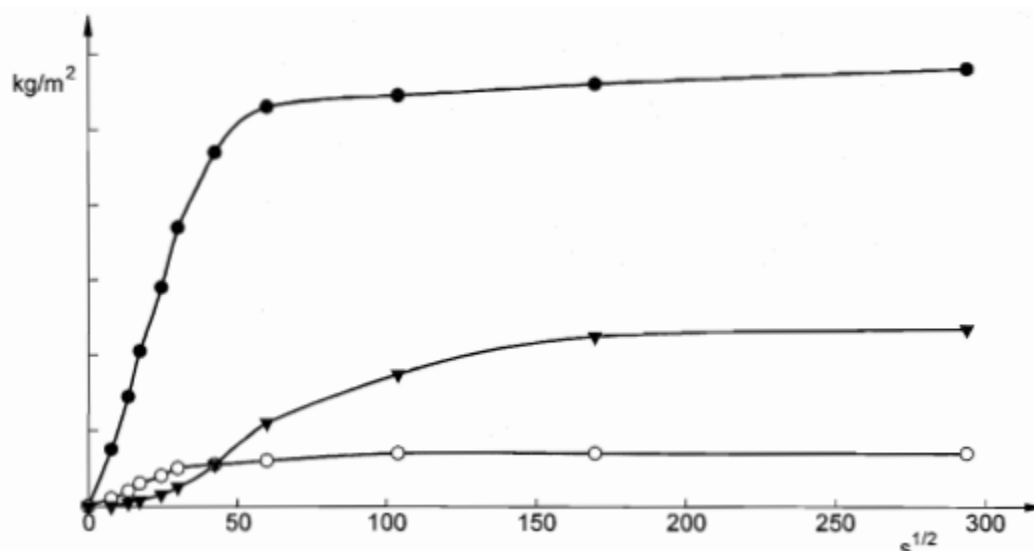


Figura 2. Gráfico para obtenção do coeficiente de capilaridade pela norma europeia [4]

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresentada a seguir resume os traços estudados e apresenta a quantidade de água utilizada para cada traço, bem como a consistência obtida por cada um dos traços. É fácil perceber que os traços com consistência mais alta exigiram maior quantidade de água, uma vez que é este material que confere às argamassas as propriedades de trabalhabilidade.

Tabela 1. Traços estudados com suas respectivas consistências

Traço	Relação a/c	Consistência	Classificação
1:1:6	0,21	261,3 mm	Normal
Industrial	0,17	250,3 mm	Baixa
Industrial	0,24	260,5 mm	Normal
Industrial	0,32	271,6 mm	Alta

A figura 3 indica os gráficos de coeficiente de capilaridade obtidos para os 4 traços estudados utilizando a metodologia da norma europeia. Na tabela 2 são indicados os coeficientes obtidos aplicando a equação da norma brasileira e obtidos aplicando regressão nos gráficos ilustrados pela figura 3 usando o procedimento da norma europeia. Destaca-se que os valores obtidos pelas contas utilizando a NBR 15259 (ABNT, 2005) [3] geram o coeficiente de capilaridade em $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$, assim foi necessário multiplicar o valor obtido por para que fosse possível comparar este valor com o obtido pela UNI EM 15801 (2010) [4] em $\text{kg/m}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$.

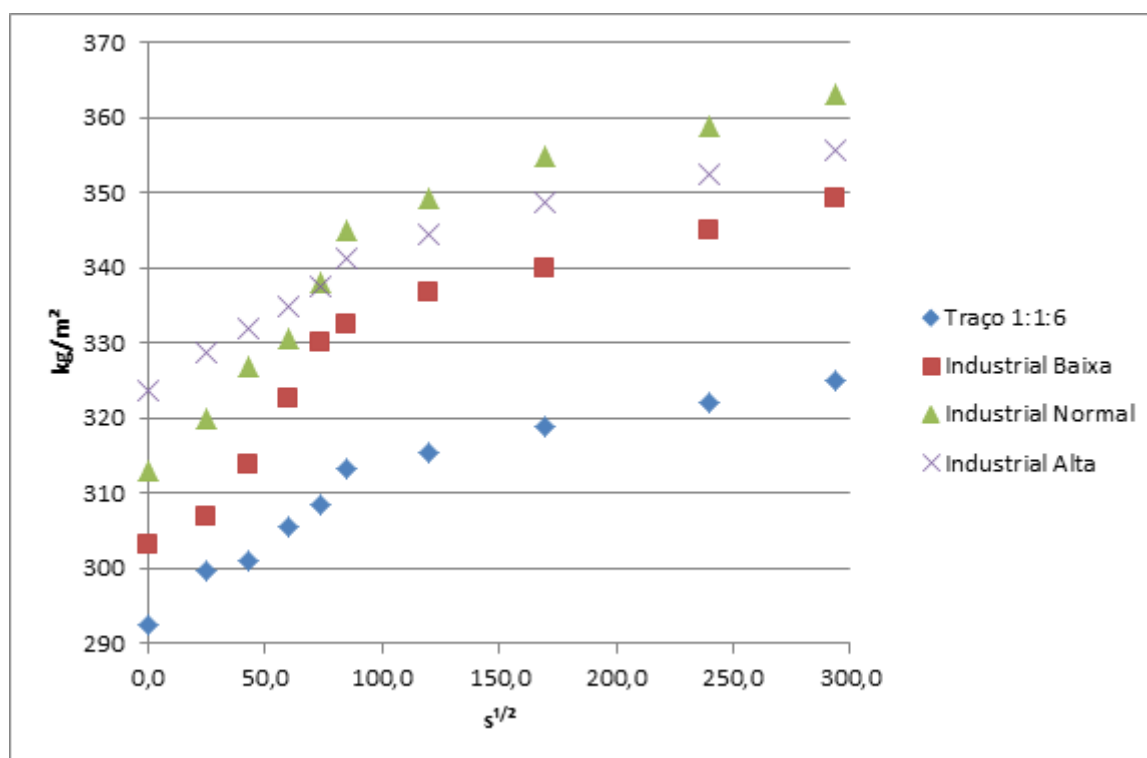


Figura 3. Gráficos de $\text{kg/m}^2 \times \text{s}^{1/2}$ para os traços estudados

Tabela 2. Coeficientes de Capilaridade obtidos pelas normas brasileira e europeia

Traço	Coef. Norma Brasileira	Coef. Norma Europeia
01:01:06	1,39	1,57
Industrial Baixa	3,71	3,76
Industrial Normal	2,92	2,62
Industrial Alta	1,46	1,50

Analizando os dados obtidos é possível perceber que, embora apresente uma metodologia mais simples, a norma brasileira propõe uma análise do coeficiente de capilaridade similar ao proposto pela norma europeia, uma vez que ambas as resoluções proporcionaram valores de coeficiente de capilaridade muito próximos.

Destaca-se que, conforme esperado a capilaridade é mais acentuada para argamassas que apresentam consistência baixa, uma vez que por apresentar trabalhabilidade reduzida este tipo de argamassa tende a ficar com mais poros, o que explica a maior ocorrência do fenômeno da capilaridade.

4 CONCLUSÃO

Tomando como base os resultados obtidos é possível concluir que:

- A capilaridade é um fenômeno primordial para o entendimento do desempenho de argamassas e para análise de durabilidade tradicional e para a durabilidade estética.
- Existe similaridade de resultados para obtenção de coeficiente de capilaridade utilizando a norma brasileira NBR 15259 (ABNT, 2005) ou a norma europeia UNI EM 15801, uma vez que os resultados obtidos para ambas as normas é praticamente o mesmo.
- É mais vantajoso utilizar o procedimento proposto pela norma brasileira, já que este ensaio apresenta menor tempo de duração e apresenta cálculos mais

simplórios, trazendo resultados satisfatórios da mesma maneira que normas com procedimentos mais complexos.

- Conforme previsto, a capilaridade está ligada a consistência das argamassas uma vez que quanto menor a trabalhabilidade das mesmas, maior a quantidade de poros presente nesta argamassa, e consequentemente maior valor de coeficiente de capilaridade.

REFERÊNCIAS

- 1 A. Paranhos, D. Vechia, M. Beltrame. Capilaridade : um fenômeno de superfície com aplicações cotidianas. VIII Encontro Latino Americano de Pós Graduação. 2008.
- 2 A. P. Kircheheim, et al. Estudo de Absorção de Capilaridade em argamassas de cimento Portland branco estrutural com diferentes teores de adições pozolânicas. I Conferencia Latino America de Construção Sustentável. 2004.
- 3 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15259 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro, 2005.
- 4 UNI EN 15801- Conservation of cultural property - Test methods - Determination of water absorption by capillarity. Milão, 2010. [Em inglês]
- 5 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13276 - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.
- 6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 13279 – Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência á tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005.