AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO CAPILAR DE ÁGUA DE DIFERENTES ARGAMASSAS E SUA RELAÇÃO COM A MICROESTRUTURA

Tema: Desempenho de sistemas de revestimento.
Grupo[1]: 2.

ALEXANDER H. F. DE SOUZA[1], NATHÁLIA A. A. GONÇALVES[2], VICTOR I. MONTEIRO[3],CAIO Q. SANTOS[4], ISAURA N. L. PAES[5]

[1]SOUZA – Universidade Federal do Pará/UFPA, ahierro041@gmail.com
[2] GONÇALVES, Universidade Federal do Pará/UFPA, nathaliaandressa00@gmail.com
[3]MONTEIRO, Universidade Federal do Pará/UFPA, victor.santos108.vm@gmail.com
[4]SANTOS, Pós-graduação, Universidade de São Paulo/USP, caioquatesma@gmail.com
[5]Profª. Drª. PAES, Universidade Federal do Pará/UFPA, isaurapaes@ufpa.br

RESUMO

Esta pesquisa avaliou o comportamento de três argamassas de revestimento (mista, aditivada e, com a combinação de aditivo plastificante e hidrofugante) frente as propriedades que envolvem o mecanismo de transporte de umidade e suas mudanças microestruturais. Mensurou-se as propriedades nos estados plástico e endurecido, desempenho e microestruturais (MEV, EDS e porosimetria por intrusão de mercúrio). No entanto, as alterações nas composições e na porosidade não foram impactantes ao ponto de diferenciá-las perante as propriedades avaliadas, a saber: absorção de água por capilaridade, coeficiente de capilaridade, resistência à flexão e compressão axial e resistência de aderência.

Palavras-chave: argamassas de revestimento, porosidade, requisitos, desempenho.

EVALUATION OF CAPILLARY WATER ABSORPTION FROM DIFFERENT MORTARS AND ITS RELATIONSHIP WITH THE MICROSTRUCTURE

ABSTRACT

This research evaluated the behavior of three coating mortars (mixed, with additives and, with a combination of plasticizer and water repellent additive) against the properties that involve the moisture transport mechanism and its microstructural changes. The properties in the plastic and hardened states, performance and microstructural (SEM, EDS and mercury intrusion porosimetry) were measured. However, changes in compositions and porosity were not impactful to the point of differentiating them in view of the evaluated properties, namely: water absorption by capillarity, capillarity coefficient, resistance to flexion and axial compression and adhesion resistance.

Keywords: coating mortars, porosity, requirements, performance.

[1] **Grupo 1:** Oriundos de teses, dissertações e relatórios finais de projetos de pesquisa; ou **Grupo 2:** oriundos de disciplinas de pós-graduação, iniciação científica, trabalhos de conclusão de curso (TCC), pesquisas aplicadas e outros.

1. INTRODUÇÃO

A movimentação de água nos revestimentos se dá pelos capilares que são caminhos formados a partir da interligação dos poros e que podem se constituir em uma barreira natural contra a penetração de umidade. Além disso, os materiais componentes do substrato e a presença de adições e aditivos químicos são determinantes nesse processo de percolação dos fluidos (PAES e OLIVEIRA, 2020[1] e BAUER e SALOMÃO, 2017)[2].

Nesse sentido, deve-se buscar uma mistura dos materiais constituintes que propicie o maior empacotamento das partículas para a formação de menor volume e menor dimensão de poros, ou ainda, a utilização de materiais que possam maximizar essa proteção como, por exemplo, o uso de hidrofugantes/impermeabilizantes que podem ser adicionados a composição das argamassas de revestimento ou aplicados sobre as superfícies dos materiais já endurecidos. Logo, esse processo é resultante de um conjunto de componentes e elementos construtivos que objetivam proteger as construções contra a ação deletéria de fluidos, de vapores e da umidade (CASTRO et al.,2020)[3]. Pelo exposto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o processo de movimentação de água em diferentes argamassas de revestimento externo, bem como, analisar dados referentes às resistências mecânicas, desempenho e análises microestruturais.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos materiais

A Tabela 01 apresenta os dados de caracterizações do cimento CP IV-32 e da cal hidratada CH-I.

Tabela 01 – Caracterização física e química do cimento CP IV – 32 e da cal CH-I

Análise física do CP IV-32										
Ensaios físicos			**Normatização**				**Resultado**			
Massa Específica (g/cm³)			ABNT NBR 16605: 2017				2,72			
Superfície Específica Blaine (m²/kg)			ABNT NBR NM 76: 1996				455,20			
Análise química (%) do CP IV 32										
Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	Cal livre	Perda ao fogo	Insolúvel
10,80	36,83	3,40	37,78	4,11	2,24	0,11	1,31	0,90	2,83	0,60
Análise física da cal CH-I										
Ensaios físicos			**Normatização**				**Resultado**			
Massa Específica (g/cm³)			ABNT NBR 16605: 2017				2,21			
Superfície Específica Blaine (cm²/g)			ABNT NBR NM 76: 1996				6,29			
Análise Química (%) da cal CH-I										
Al2O3	SiO2	Fe2O3	CaO	MgO	Na2O	K2O	Teor de umidade	Perda ao fogo		
0,00	1,29	0,22	71,88	0,56	0,07	0,11	8,75	22,10		

O agregado miúdo teve seu módulo de finura e diâmetro máximo característico avaliados pela ABNT NBR 17054 (2022), sendo 1,7 mm e 2,36 mm,respetivamente. Sua massa específica, de acordo com a norma ABNT NBR 16916 (2021) foi de 2,67 kg/dm³, massa unitária de 1,66 Kg/dm³ e índice de vazios de 38%, segundo a ABNT NBR 16972 (2021). Os blocos cerâmicos (vedação) tinham largura de 19 cm, altura de 8,5 cm e comprimento de 13,5 cm, seu índice de absorção de água foi de 11,00% e resistência à compressão axial de 0,76 MPa. A argamassa com plastificante (AP) foi produzida com um produto organo-sintético na forma líquida, com massa específica de 1,0 kg/dm³. O teor de aditivo foi de 200ml/50kg de cimento. Já a argamassa com aditivos plastificante e hidrofugante tinha plastificante à base de surfactantes e hidrofugante sendo uma emulsão de polímero estireno-butadieno com teores de hidrofugante de 1500ml/50kg de cimento e o plastificante sendo 10% desse valor.

2.2. Dosagem

Na Tabela 02 têm-se as composições das argamassas onde suas dosagens foram realizadas nos procedimentos descritos em SELMO (1998)[4], bem como, as caracterizações no estado plástico.

Tabela 02 – Composição e caracterização das argamassas, no estado plástico.

Traço					
Argamassa	**Traço**	**a/c**	**Consistência (mm)**	**Densidade (g/cm³)**	**Ar Incorporado (%)**
AM	1:0,33:9	1,78	287	2,16	4
AP	1:9	1,33	280	2,07	12
AH	1:9	1,15	277	2,03	9

2.3. Ensaios das argamassas no estado endurecido, desempenho e avaliações microestruturais

Foram realizadas análises de absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade, resistência à tração na flexão e compressão. Para cada argamassa foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos de 5 cm x 10 cm e 6 corpos de provas prismáticos de 4 cm x 4 cm x 16 cm, para as idades 28 e 60 dias.

2.3.1. Determinação da resistência de aderência à tração

Este foi executado segundo a norma ABNT NBR 13528 (2010) com 12 arrancamentos por tipo de argamassa. O lançamento destas sobre os blocos foi efetuado conforme PAES et al., 2014[5] e empregados 12 blocos cerâmicos para cada tipo de argamassa, nas idades de 28 dias e 60 dias.

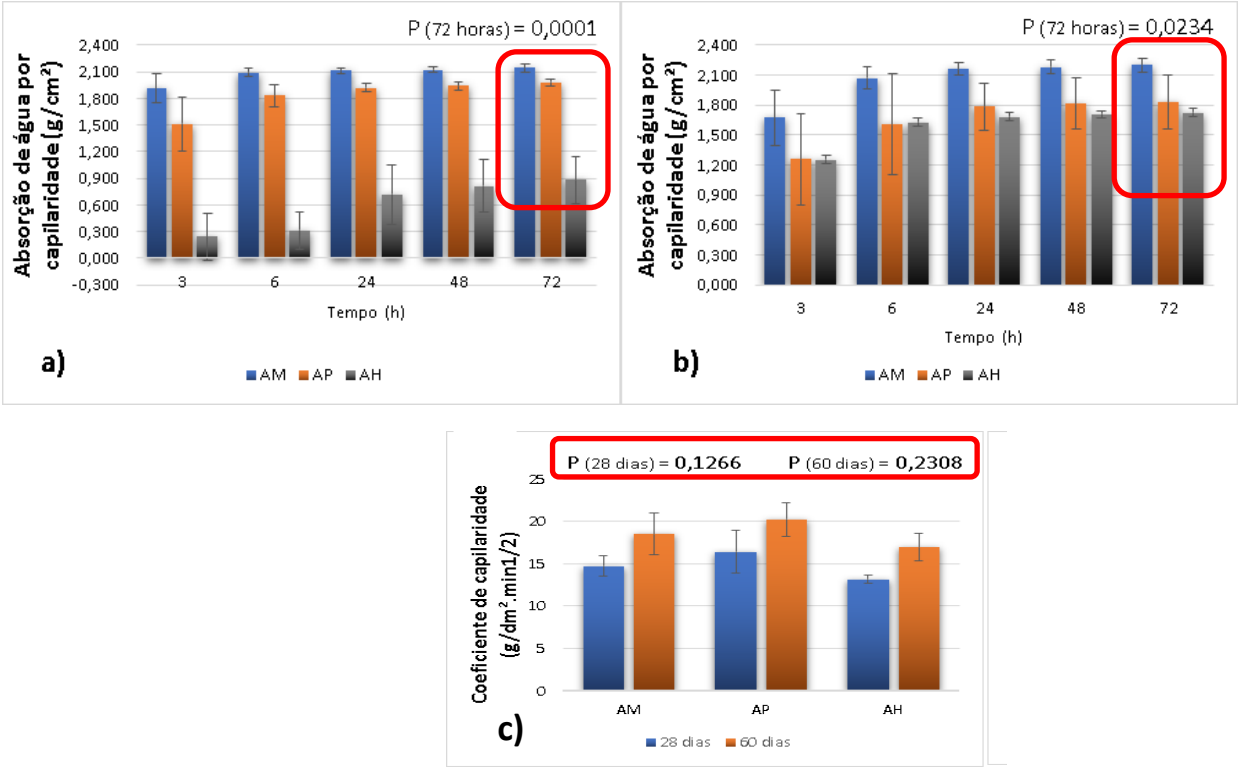
2.3.2. Avaliação microestrutural dos revestimentos – MEV, EDS e porosimetria (PIM).

As análises foram realizadas na idade de 90 dias. As imagens do MEV foram captadas por meio de elétrons secundários a 20 kV, com distância de trabalho de 15 mm. Foi feito o mapeamento dos elementos por energia dispersiva e calculadas as proporções atômicas (Ca/(Si+Al)) e (Al/(Si+Al). Para a porosimetria por intrusão de mercúrio foram retiradas amostras da região central dos revestimentos para evitar que estas estivessem carbonatadas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

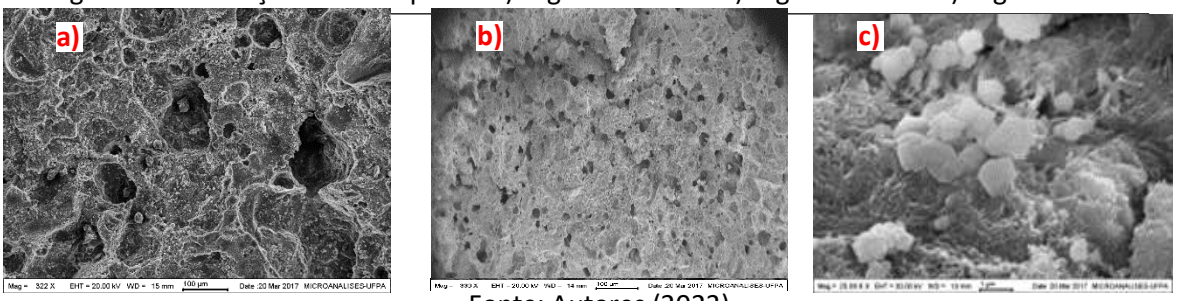
Na análise das propriedades mecânicas, resistência de aderência, absorção de água por capilaridade e coeficientede capilaridade das argamassas foi realizado tratamento estatístico com ANOVA One-Way, complementado pelo Teste de Tukey. Os resultados são mostrados a partir da Figura 01, como média aritmética ± desvio padrão, considerando-se diferenças significativas para P<0,05.

Figura 01- Características de absorção de água das argamassas por capilaridade, nas idades de 28 (a) e 60 dias (b), bem como coeficiente de capilaridade para ambas as idades (c).



Na absorção de água das argamassas, para a idade de 28 dias, houve diferenças significativas entre as mesmas. As AM e AP são equivalentes entre si, diferindo apenas da AH. Já na idade de 60 dias, todas as argamassas apresentaram comportamento similar. Com a progressão das reações de hidratação e a alteração da estrutura de poros, o produto hidrofugante não se mostrou um agente que ocasionasse comportamento diferenciado na referida propriedade. Já o coeficiente de capilaridade não apresentou diferenças significativas, em ambas as idades. A seguir são apresentadas as análises baseadas nas características microestruturais das argamassas.

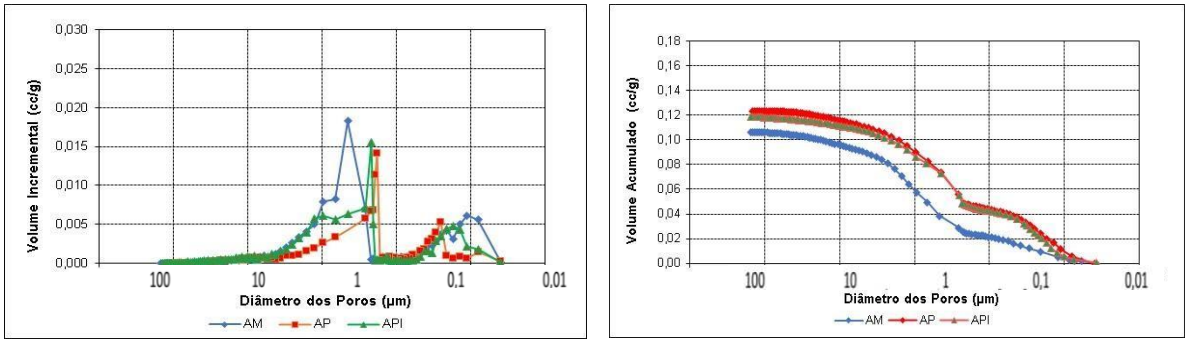
Figura 02 – Distinção entre os poros. a) Argamassa AM. b) Argamassa AP. c) Argamassa AH.



Fonte: Autores (2023).

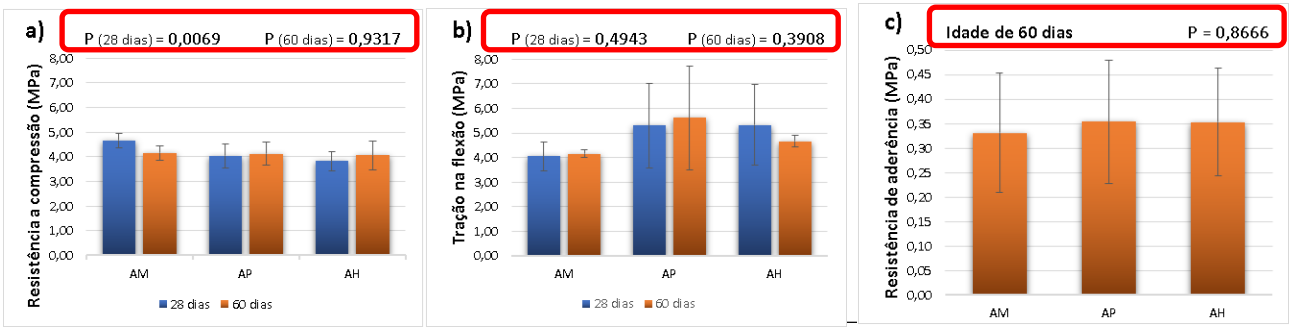
A AM apresenta poros de diferentes dimensões, distribuídos de forma aleatória. Na com AP, vê-se poros de dimensões similares e distribuídos uniformemente e, aparentemente, sem grande conectividade. Na argamassa com aditivo plastificante e hidrofugante formou-se um material precipitado. Tentou-se determinar a composição química desse composto por meio do EDS, no entanto, esse dispositivo não detectou compostos diferentes do que se esperaria em uma argamassa de matriz comentícia. A Figura 3 apresenta os gráficos obtidos no ensaio de porosimetria por intrusão de mercúrio (PIM), na idade de 90 dias.

Figura 03 – Tamanhos de poros das argamassas por meio da PIM.



Há duas faixas de dimensões de poros com grande volume de mercúrio intrudido, sendo a maior entre 5 e 1 µm. A argamassa com plastificante tem um espectro de dimensões característicos similar ao da argamassa com hidrofugante. Faixas similares também foram encontradas por Salomão (2016)[6] e Wang et al., (2022)[7], esses autores estudaram os fatores influentes na absorção capilar de água em matrizes cimentícias e sua relação com a estrutura de poros. A Figura 04 mostra como as mudanças de composições das argamassas não foram decisivas para diferenciá-las quanto ao desempenho.

Figura 04 – Tratamento estatístico. a) Compressão axial. b) Tração na flexão. c) Resistência de aderência.



Apesar das mudanças nas composições das argamassas terem ocasionado alterações microestruturais, essas não foram suficientemente expressivas a ponto de uma delas ter seu desempenho destacável, seja de forma superior ou inferior.

4. CONCLUSÕES

As três argamassas não apresentaram mudanças expressivas, entre si, quando se analisa o coeficiente de capilaridade, resistência à flexão e compressão e resistência de aderência. A argamassa que continha aditivo plastificante e hidrofugante mostrou um comportamento hidrofóbico na idade de 28 dias, porém, esta característica de repelência da água não se reproduziu na idade mais avançada (60 dias). As técnicas de análise microestrutrais (MEV, EDS e PIM) mostraram que houve modificações no espaço poroso das argamassas, na dimensão dos poros e na formação de produto precipitado, porém, as variações ocorridas não foram expressivas o suficiente a ponto de alterar o desempenho das argamassas de modo que uma delas se sobressaísse em relação as demais.

REFERÊNCIAS

1. PAES, I.; OLIVEIRA, E.; CORREA, E. Desempenho de hidrofugante de superfície em habitação de interesse popular: estudo de caso. *In*: CONGRESSO DE CONSTRUÇÃO CIVIL. CONSTRUÇÃO 2020. **Anais**. Brasília-DF, 28 e 29 de maio, 2020.

2. SALOMÃO, M. C.; BAUER, E. estudo da estrutura porosa de argamassas de revestimento esua relação com a absorção de água por capilaridade. *In*: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIADAS ARGAMASSAS. **Anais**. São Paulo, 22-24 de agosto, 2017.

3. CASTRO, C.; SOARES, H.; MAIA, G.; CARDOSO, M.; BONFIM, R.; PAES, ISAURA. AVALIAÇÃO MICROESTRUTURAL E DE DESEMPENHO DE ADITIVO HIDROFUGANTE PARA CONCRETO. *In*: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais**. Porto Alegre, 4 a 6 de novembro, 2020.

4. SELMO, S.M.S. DOSAGEM DE ARGAMASSAS DE CIMENTO PORTLAND E CAL PARA REVESTIMENTO EXTERNO DOS EDIFÍCIOS. **Dissertação**. Escola Politécnica de São Paulo, São Paulo, 1989.

5. PAES, I. N.; BAUER, E.; CARASEK, H.; PAVON, E. Influencia del transporte de agua en morteros de revestimiento, en la resistencia a la adherencia. In: **Revista Ingenieria de Construcción**, v. 29, n. 2, p. 175-186, 2014.

6. SALOMÃO, M. C. F. ESTUDO DA ESTRUTURA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E SUA INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES DE TRANSPORTE DE ÁGUA. **Tese**. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016.

7. WANG, YUE; LI, LIANGSHUN; AN, MINGZHE; SUN, YIFAN; YU, ZIRUO; HUANG, HANFENG. FACTORS INFLUENCING THE CAPILLARY WATER ABSORPTION CHARACTERISTICS OF CONCRETE AND THEIR RELATIONSHIP TO PORE STRUCTURE. **Applied Sciences**. 2022.