



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**



**VARIAÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO NOS MECANISMOS DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

**Lucas Santa Brígida Gouvêa
Nelson Lira Da Silva**

**Belém - PA
Setembro/2025**

**LUCAS SANTA BRÍGIDA GOUVÊA
NELSON LIRA DA SILVA**

**VARIAÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO NOS MECANISMOS DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso, na forma de artigo científico, apresentado a Faculdade de Engenharia Civil do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Orientadora: Profa. Dra. Isaura Nazaré Lobato Paes

**LUCAS SANTA BRÍGIDA GOUVÊA
NELSON LIRA DA SILVA**

**VARIAÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO NOS MECANISMOS DE
ABSORÇÃO DE ÁGUA E NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE
ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO**

Belém, 16 Setembro de 2025

Profa. Isaura Nazaré
Lobato Paes
Profa. Dra. UFPA
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Sérgio Lima Souza

Engenheiro Civil Max Weverton Moreira da Silva

CONCEITO FINAL: _____

RESUMO

Esta pesquisa tem por objetivo mensurar a variação no consumo de cimento em dois tipos distintos de argamassas de revestimento externo que apresentam uma variação recomendada na proporção cimento:agregado entre 1:5 a 1:8. Para isso, foram executadas duas formulações distintas de argamassas com proporcionamentos 1:6 e 1:7 (cimento:areia natural). Além disso, a composição das argamassas teve uso de aditivo plastificante (argamassa aditivada - AA) e detergente de uso doméstico (argamassa com detergente – AD). As argamassas foram caracterizadas nos estados plástico (consistência, densidade, retenção de água e incorporação de ar) e endurecido (densidade de massa, absorção de água por capilaridade e total, resistência à tração na flexão e à compressão). Para a análise de desempenho, foi realizado o ensaio de permeabilidade pelo método do cachimbo. Os resultados mostraram que apesar da diferença nos proporcionamentos de cimento:agregado e do uso de detergente na composição das argamassas de revestimentos, todas apresentaram elevada trabalhabilidade/plasticidade com coesão de suas partículas. Já com relação às propriedades no estado endurecido, as variáveis avaliadas na pesquisa não se mostraram agentes determinantes a ponto de torná-las distintas entre si, segundo alguns dos critérios da norma NBR 13281-1 (ABNT, 2023).

Palavra-Chave: Absorção de água, Propriedades mecânicas, Aditivo plastificante, Detergente.

ABSTRACT

This study aims to measure the variation in cement consumption in two different types of external coating mortars that have a recommended variation in the cement:aggregate ratio between 1:5 and 1:8. For this purpose, two different mortar formulations were made with proportions of 1:6 and 1:7 (cement:natural sand). In addition, the composition of the mortars included the use of a plasticizing additive (additive mortar - AA) and household detergent (mortar with detergent - AD). The mortars were characterized in the plastic (consistency, density, water retention and air incorporation) and hardened (mass density, capillary and total water absorption, flexural and compressive tensile strength) states. For performance analysis, the permeability test was performed using the pipe method. The results showed that despite the difference in the proportions of cement: aggregate and the use of detergent in the composition of the coating mortars, all presented high workability/plasticity with cohesion of their particles. Regarding the properties in the hardened state, the variables evaluated in the research did not prove to be determining agents to the point of making them distinct from each other, according to some of the criteria of the NBR 13281-1 (ABNT, 2023) standard.

Keywords: Water absorption, Mechanical properties, Plasticizing additive, Detergent.

1. INTRODUÇÃO

A argamassa é um material de fundamental importância na construção civil, sendo utilizada em diversas etapas da obra, especialmente como revestimento de superfícies externas e internas. Sua composição básica — cimento, agregados miúdos (areia) e água — pode ser modificada por meio da adição de aditivos, com o intuito de melhorar propriedades específicas tanto no estado plástico quanto no estado endurecido.

No caso das argamassas de revestimento externo, são exigidas características como plasticidade, aderência, resistência mecânica, impermeabilidade e durabilidade frente às ações climáticas. Essas propriedades podem ser significativamente influenciadas pela presença de aditivos plastificantes ou incorporadores de ar, que são utilizados com a finalidade de melhorar a plasticidade, reduzir a demanda de água de amassamento, evitar fissuras por retração e facilitar o processo de aplicação (Salvador et al., 2018).

Os aditivos plastificantes comerciais são produtos químicos desenvolvidos especificamente para atuar sobre a mistura da argamassa, promovendo uma melhor dispersão das partículas e aumentando o índice de consistência, sem comprometer a resistência final do material. Sua aplicação segue parâmetros estabelecidos por normas técnicas, como a NBR 13281 (ABNT, 2023), que regulamenta os requisitos mínimos de desempenho para argamassas de revestimento.

Paralelamente, observa-se no contexto da construção civil brasileira, sobretudo em obras de pequeno porte, o uso de materiais alternativos de baixo custo como aditivos informais. Um exemplo notório é a utilização do detergente doméstico, composto principalmente por Linear Alquil Benzeno Sulfonato de Sódio (LAS), que possui propriedades surfactantes capazes de agir de forma semelhante aos aditivos plastificantes convencionais. O LAS atua como agente redutor de tensão superficial, promovendo maior homogeneidade da mistura e facilitando sua aplicação (Mendes, 2016).

Essa prática, embora não normatizada, vem sendo aplicada de forma recorrente

devido à facilidade de aquisição e ao efeito prático percebido pelos operários. Segundo Medeiros (2019), em canteiros de obras da região Norte, como na cidade de Belém do Pará, a adição de pequenas quantidades de detergente à argamassa proporciona aumento da plasticidade e maior tempo de manuseio, especialmente sob altas temperaturas, comuns à região amazônica. No entanto, o uso indiscriminado de aditivos alternativos pode comprometer a qualidade da argamassa, principalmente se não houver controle da dosagem e da compatibilidade com os demais componentes da mistura. Diferentes proporções de cimento modificam a porosidade, permeabilidade e resistência mecânica, características que podem ser alteradas pela adição de surfactantes como o detergente doméstico (Romano, 2013; Maciel et al., 2018).

De acordo com Mendes (2016), Guimarães et al., (2024) e Almeida et al., (2024), embora a incorporação de detergente às argamassas de revestimento não comprometa significativamente suas propriedades mecânicas, é fundamental que sejam realizados ensaios laboratoriais para a verificação dos efeitos a médio e longo prazo, especialmente no que se refere ao transporte de umidade, durabilidade e aderência ao substrato. A introdução de ar por meio de aditivos não controlados pode resultar em porosidades excessivas, que, em ambientes externos, podem favorecer a penetração de água e agentes agressivos, comprometendo a integridade do revestimento (Alves e Dó Ó, 2005; Esteves, 2014; Guimarães et al., 2024).

Diante disso, torna-se evidente a importância dos aditivos na formulação das argamassas, sejam eles comerciais ou alternativos. O uso consciente e tecnicamente embasado dessas substâncias é indispensável para garantir o desempenho esperado das argamassas. Igualmente relevante é a consideração do teor de cimento nos diferentes traços, pois esta proporção influencia diretamente a microestrutura do material. Traços com maior teor de cimento apresentam estrutura mais densa, menor absorção de água e maior resistência mecânica, enquanto traços mais pobres desenvolvem maior porosidade, comprometendo o desempenho do revestimento (Maciel et al., 2018). Neste contexto, o presente trabalho busca analisar a Influência do proporcionamento dos traços (1:6 e 1:7) em argamassas com detergente, levando em conta as mudanças mecânicas e a absorção de água sofridas em comparação a uma argamassa com aditivo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Caracterização dos Materiais

Nesta pesquisa utilizaram-se os seguintes materiais: Cimento Portland CP II-F-32, areia natural, aditivo plastificante, detergente neutro de uso doméstico e água potável. As características dos materiais utilizados constam nas Tabelas 1, 2 e 3.

2.1.1 Cimento Portland CP II-F-32

Suas características físicas, químicas e mecânicas são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise física, química e mecânica do cimento CP II-F-32.

Características Físicas				Ensaio				Resultados		
Massa unitária				NBR NM 45 (ABNT, 2006)				0,97 kg/dm³		
Massa específica				NBR NM 52 (ABNT, 2009)				3,08 kg/dm³		
Finura (#200)				NBR 16973 (ABNT, 2021)				3,30%		
Resistência à compressão axial (aos 3, 7 e 28 dias)										
3				7				28		
23,80 MPa				30,10 MPa				39,40 MPa		
Análise química dos óxidos do cimento (%)										
Al2O3	SiO2	Fe2O3	CaO	MgO	SO3	Na2O	K2O	Cal livre	Perda ao fogo	Insolúel
4,18	17,75	2,75	60,56	4,65	3,13	0,34	0,77	1,11	5,63	1,22

Fonte: Autores

2.1.2 Agregado Miúdo

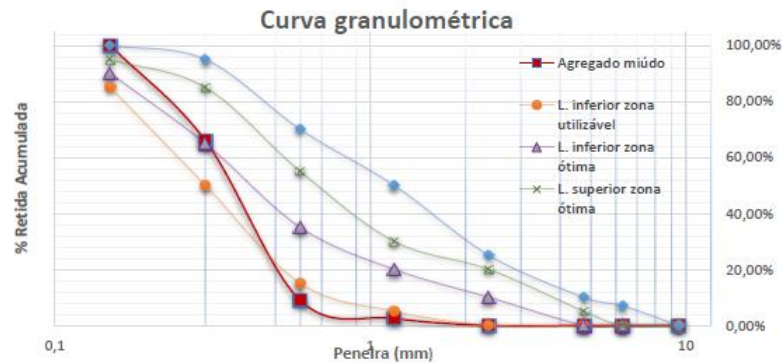
Adotou-se areia lavada de origem quartzosa submetida a ensaios para determinar suas características físicas e curva granulométrica. Estas são apresentadas na Tabela 2 e Figura 1.

Tabela 2 – Análise Física da areia empregada.

Características	Normas	Resultados
Módulo de finura	NBR 17054 (ABNT, 2022)	1,58
Diâmetro Máx.	NBR 17054 (ABNT, 2022)	1,20 mm
Massa unitária	NBR 16972 (ABNT, 2021)	1,73 g/cm ³
Massa específica	NBR 16916 (ABNT, 2021)	2,67 g/cm ³
Índice de vazios	NBR 16972 (ABNT, 2021)	35%

Fonte: Autores

Figura 1 – Análise granulométrica da areia utilizada na execução das argamassas



Fonte: Autores

A Figura 1 apresenta a curva granulométrica do agregado miúdo, comparando-a com os limites da zona utilizável e da zona ótima, segundo critérios normativos. Observa-se que a curva do agregado se aproxima da zona inferior da faixa utilizável, indicando uma areia de granulometria fina, com significativa concentração de partículas menores. Essa característica granulométrica implica em uma maior área superficial específica, o que eleva a demanda de água para alcançar a mesma consistência em comparação com areias médias ou grossas. Consequentemente, essa areia requer ajustes na dosagem de água e aditivos para assegurar a trabalhabilidade adequada da argamassa.

2.1.3 Aditivo Plastificante e Detergente de Limpeza Doméstica (LAS)

Utilizou-se um aditivo químico líquido redutor de água de 1º geração, também conhecido como plastificante, como especifica a NBR 11768 (ABNT, 2019). Por sua vez, o detergente líquido é classificado como material de limpeza de superfícies e tecidos por meio da diminuição da tensão superficial. As especificações dos fabricantes de cada produto são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Especificação do aditivo plastificante e do detergente, segundo fabricantes.

Característica	Aditivo Plastificante	Detergente Doméstico
Aspecto físico	Líquido	Líquido viscoso
Cor	Escuro	Transparente
pH	10,5	5,0-7,5
Densidade	1,10 g/cm ³	1,0-1,03 g/cm ³
Composição básica	Resina natural de Pinus Elliotti e Resina Natural extraída da Araucária Angustifolia	Alquil benzeno sulfonado de sódio linear, alquil bezeno sulfonato de trietanolamina, lauril éster sulfato de sódio, coco amido propil betaína, sulfato de magnésio, EDTA, formol, corante, perfume e água.
Sólidos	5% em peso	-
Solubilidade	Totalmente solúvel em água	Miscível em água

Fonte: Autores

2.2 Dosagem das argamassas e caracterização no estado fresco e endurecido

O proporcionamento nas misturas dos materiais foi concebido a partir de estudo de dosagem tendo em vista a obtenção de argamassas de revestimento de paredes externas e fachadas e com base nos traços indicativos prescritos na norma NBR 13755 (ABNT, 2017) que versa sobre os revestimentos com proporção cimento:agregado variando de 1:5 a 1:8.

Especificamente nesta pesquisa se adotou a dosagem com a proporção de 1:6 e 1:7 (cimento e areia, em massa) por serem relações comumente adotadas nas obras locais. Esta variação irá, possivelmente, formar diferentes estruturas porosas em função da mudança no teor do cimento e do agregado e, conseqüentemente, do quantitativo de água necessário para a obtenção da trabalhabilidade das argamassas.

O teor do aditivo plastificante e do detergente foi de 200 ml/50kg de cimento e, após a adição destes, o tempo de mistura se restringiu a 5 minutos a fim de não incorporar excesso de ar. As misturas foram preparadas em misturador elétrico operando em baixa rotação e, em seguida, foram realizados os ensaios de caracterização no estado plástico e a moldagem dos corpos de prova destinados às análises no estado endurecido. Após 72 horas, os corpos de prova foram desmoldados e mantidos em ambiente laboratorial, com temperatura controlada em torno de 25°C e umidade relativa do ar próxima a 60%, até o momento da realização

dos ensaios. Na Tabela 4 são mostrados os proporcionamentos das argamassas.

Tabela 4 – Proporcionamento dos materiais utilizados na confecção das argamassas.

Traço	Argamassa	Cimento	Areia	Água	Aditivo	Detergente
1:6	Arg. Aditivada	50,0 kg	300,0 kg	55,5 kg	200,0 ml	-
	Arg. c/ Detergente	50,0 kg	300,0 kg	56,5 kg	-	200,0 ml
1:7	Arg. Aditivada	50,0 kg	350,0 kg	65,0 kg	200,0 ml	-
	Arg. c/ Detergente	50,0 kg	350,0 kg	64,0 kg	-	200,0 ml
Observações: 1. A quantidade do aditivo plastificante foi realizada segundo recomendação do fabricante; 2. O traço da argamassa com detergente foi o mesmo da argamassa com uso do aditivo plastificante, porém, com a substituição deste produto (plastificante) pelo mesmo teor de detergente doméstico.						

Fonte: Autores

A influência da variação no proporcionamento dos traços e da inserção do aditivo e detergente nas argamassas foi avaliada por meio de ensaios de caracterização no estado fresco e endurecido de acordo com normativas brasileiras, a saber: consistência NBR 13276 (ABNT, 2016); retenção de água NBR 13277 (ABNT, 2005); densidade de massa e teor de ar incorporado NBR 13278 (ABNT, 2005); resistência à tração na flexão e à compressão NBR 13279 (ABNT, 2005).

Para avaliar a absorção de água das argamassas ao longo do tempo, foram realizados experimentos voltados à caracterização da estrutura porosa. Esta pode variar de acordo com a proporção dos constituintes de uma argamassa e modificada com a presença de aditivos. Desta forma, nesta pesquisa foram executados três ensaios que auxiliam na análise dos mecanismos de transporte de umidade, sendo estes: o ensaio de absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade NBR 15259 (ABNT, 2005) e absorção de água por imersão pela NBR 9778 (ABNT, 2005).

Já a permeabilidade das argamassas foi avaliada sobre blocos cerâmicos isolados chapiscados e com espessura de 3,0 centímetros de revestimento obtida com uso de gabaritos. Neste sentido, para minimizar o efeito da variável referente ao aplicador da argamassa, a qual não fazia parte do escopo da pesquisa, se idealizou um dispositivo para sua aplicação, onde o pedreiro não tivesse interferência no processo. O dispositivo consiste em uma “caixa de queda” (Figura 2), da qual a

argamassa de revestimento foi lançada de uma altura padrão de 50 cm (Paes et al., 2014).

Figura 2 – Dispositivo para lançamento da argamassa sobre os blocos chapiscados e uso de gabaritos para fixar a espessura dos revestimentos em 3,0 cm



Fonte: Autores

O método empregado para esta avaliação é proposto pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC - NIT 224, 2002), conhecido como “método do cachimbo”. Este consiste na utilização de tubos de vidro graduados de 0 a 4 ml ($1\text{ ml} = 1\text{ cm}^3$) em forma de “L” (tubos de Karsten), fixados à superfície a ser ensaiada por meio de selante elastomérico. Quando o tubo está preenchido até nível máximo, a pressão da água exercida na superfície do revestimento é equivalente a 98 mm de altura da água, o que corresponde à pressão desempenhada por um vento na ordem de 40 m/s ($\approx 140\text{ km/h}$) perpendicularmente à superfície de medição.

As leituras do nível da água podem ser efetuadas em 5, 10, 15, 30 e 60 minutos ou até a água atingir o volume absorvido de $4,0\text{ cm}^3$, no entanto, para ensaio realizado “in loco” este tempo pode ser reduzido para 15 minutos (com contagem de minuto a minuto), utilizando um cronômetro para a marcação dos tempos de cada leitura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação das argamassas no estado plástico

A Tabela 5 apresenta os resultados de caracterização das argamassas avaliadas.

Tabela 5 – Caracterização das argamassas de revestimento, no estado plástico.

Ensaio	Resultados Médios			
	Proporcionamentos das argamassas, em massa			
	1:6:1,11 AA (cim:areia:x)+AP	1:6:1,13 + AD (cim:areia:x)+AD	1:7:1,27 AA (cim:areia:x)+A P	1:7:1,28 + AD (cim:areia:x)+A D
Consistência (mm)	302,50	310,40	313,00	338,00
Densidade de massa (g/cm ³)	2,14	2,03	2,22	2,20
Retenção de água (%)	79	76	75	73
Ar incorporado (%)	13,5	16,0	13,0	15,0
AA = Argamassa Aditivada ; AD = Argamassa com Detergente Teor de plastificante e de detergente nas argamassas = 200 ml /saco de cimento (200 ml/50 kg) x = relação água/cimento (a/c)				

Fonte: Autores

A primeira constatação que deve ser colocada é que todas as argamassas produzidas apresentaram elevada trabalhabilidade/plasticidade com coesão de suas partículas e, com início da perda de plasticidade superior a 1 hora e 25 minutos. A variação dos proporcionamentos, bem como, a substituição do plastificante pelo detergente, afetaram o traço das argamassas e suas propriedades no estado plástico. Das propriedades mensuradas (Tabela 5), as duas com maiores variações são: consistência e densidade de massa. Neste sentido, com o aumento da relação água/cimento houve, conforme esperado, aumento da consistência e diminuição da densidade, em especial para a proporção 1:7 (cimento:areia, em massa).

Cabe salientar que, no geral, já se espera que as argamassas produzidas na região metropolitana de Belém tenham uma relação a/c mais elevada do que a maioria das demais regiões do Brasil, isto porque, a areia natural usada para sua produção tem como característica uma elevada finura e, como consequência, há necessidade de uma maior demanda de água necessária para “molhar” todas as partículas sólidas finas da matriz cimentícia.

De acordo com Schubert (2017), os sistemas de sólidos finamente divididos se distinguem dos de partículas maiores por um conjunto específico de propriedades,

como a pequena massa, a elevada área superficial e as forças de adesão desproporcionalmente altas em relação à massa. Além disso, eles apresentam alta resistência ao fluxo de líquidos em seus canais porosos e sofrem forte influência de forças capilares em interfaces líquido-gasoso. Esse conjunto de características impacta diretamente as propriedades finais de materiais como as argamassas, pois pós finos geralmente possuem baixa molhabilidade, uma condição que, no entanto, pode ser otimizada através da aglomeração das partículas.

Já com relação a retenção de água, se observa que há uma tendência de diminuição desta propriedade com a redução do teor de cimento, bem como, com o uso do detergente. Este fato pode impactar no desempenho das argamassas nos estados fresco e endurecido, principalmente, devido às condições climáticas singulares da região Amazônica, uma vez que, a sua localização ao lado da linha do equador ocasiona temperaturas diárias altas e regulares, com elevada umidade do ar, chuvas intensas, ventos fracos e incidência solar forte e direta o ano todo. Essas características são bastante agressivas para as construções, em especial, as fachadas dos edifícios altos, já que a perda de umidade contida no interstício da argamassa tende a ser mais intensa, provocando forte retração e que pode gerar elevado índice de fissuração (Cal et al., 2024).

O mecanismo da retenção, ou não, de água é um fator crítico, pois, influencia diretamente na trabalhabilidade e contribui para uma argamassa mais durável já que garante a hidratação do cimento e influência no desenvolvimento das resistências mecânicas e na aderência argamassa/substrato (Paes et al., 2014; Carasek e Vaz, 2019; Souza et al., 2023). Assim, as argamassas devem apresentar valores dentro de limites normativos toleráveis para que não comprometa o seu desempenho (NBR 13277(ABNT, 2005); NBR 13281(ABNT, 2023)). Uma retenção muito baixa causa perda de trabalhabilidade no momento de sua aplicação e faz com que a argamassa fique com falhas, o que prejudica a aderência. Por outro lado, quando a argamassa tem grande retenção, pode não ocorrer uma aderência adequada, pois o transporte de umidade argamassa/substrato, que formará o elo de contato, pode ser reduzida (Panarese; Kosmatka; Randall Jr., 1991).

Neste sentido, os aditivos incorporadores de ar, como os aditivos plastificantes que têm como efeito secundário essa incorporação, modificam a reologia das

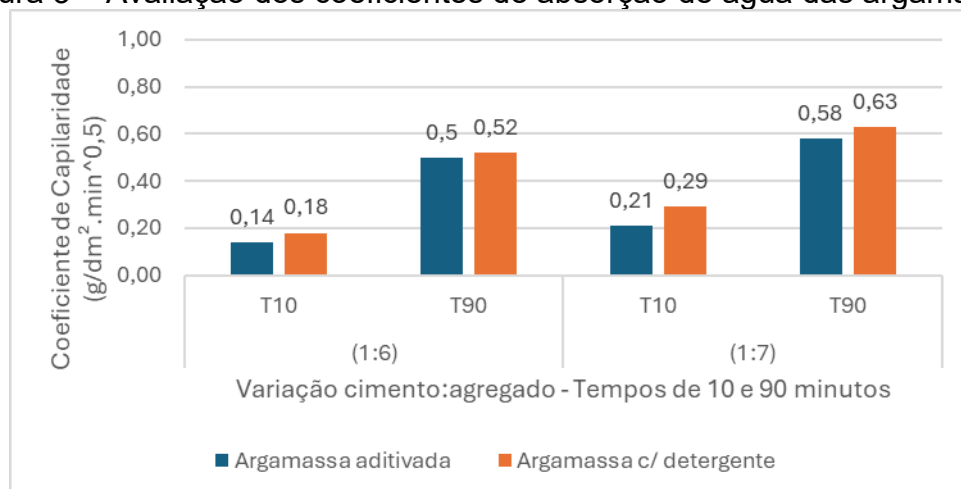
argamassas e conferem, no estado fresco, maior mobilidade, melhor coesão e plasticidade. Essas propriedades influenciam diretamente na qualidade do serviço do operário, que reflete nas propriedades do estado endurecido do revestimento. Beall, já no ano de 1987, indicava que o teor de ar incorporado com o uso de aditivos deveria ser entre 12 a 15% para não reduzir a resistência de aderência. Assim, com base nessa recomendação, vê-se que as argamassas com detergente estão no limite extremo de incorporação de ar com 15% e 16% sendo, portanto, um fator que pode vir a influenciar negativamente as suas propriedades mecânicas.

3.2 Propriedades de absorção de água das argamassas

O ensaio de absorção de água por capilaridade, baseado em técnica semidestrutiva, é frequentemente utilizado para determinar o coeficiente de absorção capilar, que quantifica o processo de transporte de água nas argamassas e concretos, expressando a taxa com que a água é absorvida para os seus poros.

Já o coeficiente de capilaridade de uma argamassa avalia a sua capacidade de absorver água por capilaridade, ou seja, a taxa em que a água se move através dos seus poros. É um indicador importante de desempenho e durabilidade, pois, a absorção capilar pode levar à deterioração do material com o tempo (Feng e Janssen, 2018). Assim, no estado endurecido foram executados ensaios que permitem avaliar o comportamento das argamassas em relação aos mecanismos de absorção de água e porosidade. Os resultados médios aos 28 dias constam nas Figura 3.

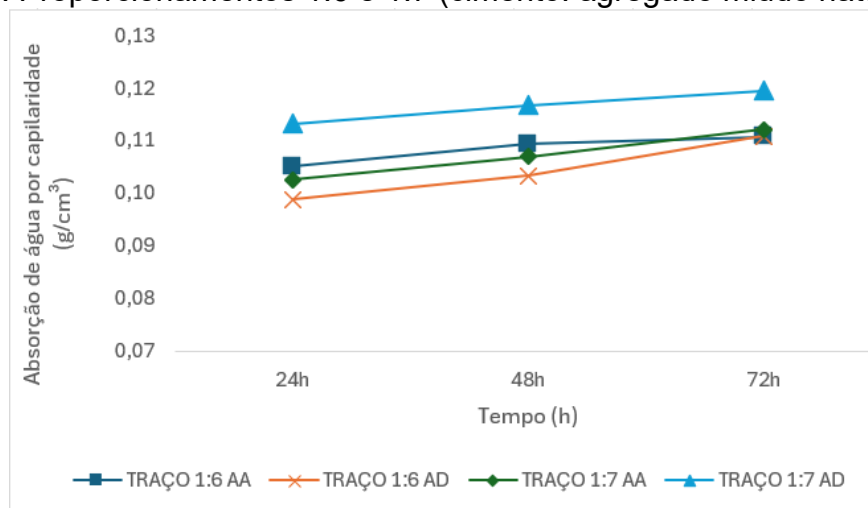
.Figura 3 – Avaliação dos coeficientes de absorção de água das argamassas



Fonte: Autores

As mensurações dos valores médios para o coeficiente de capilaridade, no período de tempo entre 10 à 90 minutos (Figura 3), mostraram comportamento similares entre os dois tipos de argamassa. Onde, as argamassas com detergente em sua composição têm seus coeficientes ligeiramente superiores em comparação a argamassa aditivada e sendo estes maiores para as argamassas com menor consumo de cimento (1:7), indicante menor densificação da matriz cimentícia. Esses valores indicam que a velocidade de absorção da umidade das argamassas com detergente é superior ao da argamassa aditivada. Neste sentido, segundo diversos autores, potencialmente a altura da ascensão capilar é maior em argamassas com poros de menor dimensão. Já a velocidade de ascensão, é maior nos poros de maior dimensão ou com maior número de poros conectados (Salmão e Bauer, 2017; Paes et al. (2020); Souza et al. (2023). Ao se analisar a absorção de água ao longo do tempo, apresentada na Figura 4, vê-se que as argamassas tiveram comportamentos bastante análogos, com tendência a uma maior absorção de água na argamassa com o menor consumo de cimento e com o detergente em sua composição (1:7 AD), corroborando com o que foi observado no ensaio do coeficiente de capilaridade.

Figura 4 – Absorção por capilaridade das argamassas de revestimento, ao longo do tempo até a saturação (72 horas): (AA) Argamassa aditivada e (AD) Argamassa com detergente. Proporcionamentos 1:6 e 1:7 (cimento: agregado miúdo natural)



Fonte: Autores

Os resultados reforçam que os diferentes materiais que compõem as argamassas se mostraram fundamentais para as contribuições que terão para as características

dos produtos de hidratação e formação da microestrutura porosa (Quarcioni et al. 2019). O emprego de produtos tensoativos como o plastificante e o detergente não apresentam as propriedades aglomerantes do cimento, porém, modificam a distribuição da matriz cimentícia por meio da incorporação de microbolhas de ar e que passam a ser igualmente fundamentais para a avaliação dos comportamentos diferenciados com relação aos mecanismos de absorção de água e sua impermeabilidade (Almeida et al., 2024).

3.3 Propriedades mecânicas da argamassa

Na análise das propriedades mecânicas os resultados são apresentados nas Tabelas 6 e 7, como média aritmética $\pm$ desvio padrão.

Tabela 6 – Caracterização das argamassas no proporcionamento (1:6), no estado endurecido, na idade de 28 dias.

Traço	Propriedades	Norma	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
1:6 AA	Densidade de Massa no Estado Endurecido (g/cm ³)	NBR 13280 (ABNT, 2005)	1,65	0,02	1,21
	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	2,47	0,25	9,93
	Resistência à Compressão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	7,86	1,66	21,11
1:6 AD	Densidade de Massa no Estado Endurecido (g/cm ³)	NBR 13280 (ABNT, 2005)	1,60	0,05	3,13
	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	2,33	0,18	7,91
	Resistência à Compressão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	6,93	0,58	8,34
AA = Argamassa Aditivada; AD = Argamassa com Detergente					

Fonte: Autores

Tabela 7 – Caracterização das argamassas com proporcionamento (1:7), no estado endurecido, na idade de 28 dias.

Traço	Propriedades	Norma	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
1:7 AA	Densidade de Massa no Estado Endurecido (g/cm ³)	NBR 13280 (ABNT, 2005)	1,88	0,01	0,53
	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	2,51	0,17	7,43
	Resistência à Compressão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	6,80	0,39	6,23
1:7 AD	Densidade de Massa no Estado e Endurecido (g/cm ³)	NBR 13280 (ABNT, 2005)	1,79	0,02	1,12
	Resistência à Tração na Flexão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	2,29	0,13	5,07
	Resistência à Compressão (MPa)	NBR 13279 (ABNT, 2005)	6,29	0,39	5,69
AA = Argamassa Aditivada; AD = Argamassa com Detergente					

Fonte: Autores

Os resultados mostram que todas as argamassas apresentaram comportamento similar, apesar de se observar uma tendência das argamassas com detergente terem uma diminuição nos valores mensurados.

As argamassas com detergente apresentaram uma leve diminuição de suas densidades e resistências à tração na flexão e compressão para ambos os proporcionamentos (1:6 e 1:7), em comparação às argamassas aditivadas. Este comportamento era esperado, uma vez que, as argamassas AD também foram as que apresentaram um maior percentual de ar incorporado. Segundo Mehta e Monteiro (2014), a estrutura porosa formada tem influência direta no comportamento mecânico das matrizes cimentícias sendo estas inversamente proporcional à porosidade do material. Além disso, os resultados desta pesquisa são corroborados por outros pesquisadores, como por exemplo, Guimarães et al., (2024) e Almeida et al., (2024).

Para garantir que os dados coletados que diferem entre si realmente impactam os requisitos de desempenho das argamassas, é necessário avaliá-las segundo a norma NBR 13281-1 (ABNT, 2023). Essas classificações são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Classificação das Argamassas segundo a NBR 13281-1 (ABNT, 2023).

Requisitos Informativos	Proporcionamentos			
	1:6: AA	1:6 AD	1:7 AA	1:7 AD
Retenção de Água	U1 ($70 \leq U < 80$)	U1 ($70 \leq U < 80$)	U1 ($70 \leq U < 80$)	U1 ($70 \leq U < 80$)
Densidade (Estado Plástico)	DF4 (>2000 kg/m)	DF4 (>2000 kg/m)	DF4 (>2000 kg/m)	DF4 (>2000 kg/m)
Densidade (Estado Endurecido)	DE3 ($1600 \leq DE < 1800$)	DE3 ($1600 \leq DE < 1800$)	DE4 ($DE \geq 1800$)	DE3 ($1600 \leq DE < 1800$)
Tração na Flexão	R3 ($1,5 \leq R_f < 3,0$)	R3 ($1,5 \leq R_f < 3,0$)	R3 ($1,5 \leq R_f < 3,0$)	R3 ($1,5 \leq R_f < 3,0$)
Coeficiente de Capilaridade	W3 ($5,5 \leq W_h < 7,0$)	W4 ($4,0 \leq W_h < 5,5$)	W1 ($\geq 8,5$)	W3 ($5,5 \leq W_h < 7,0$)
AA = Argamassa Aditivada; AD = Argamassa com Detergente; U1 = Umidade ***; DF = Densidade no Estado Plástico; DE = Densidade no Estado Endurecido; R = Resistência; RF= Resistência à Flexão; W = Coeficiente de Capilaridade; WH = *** (Os respectivos números após as abreviações são as ordens de medição)				

Fonte: Autores

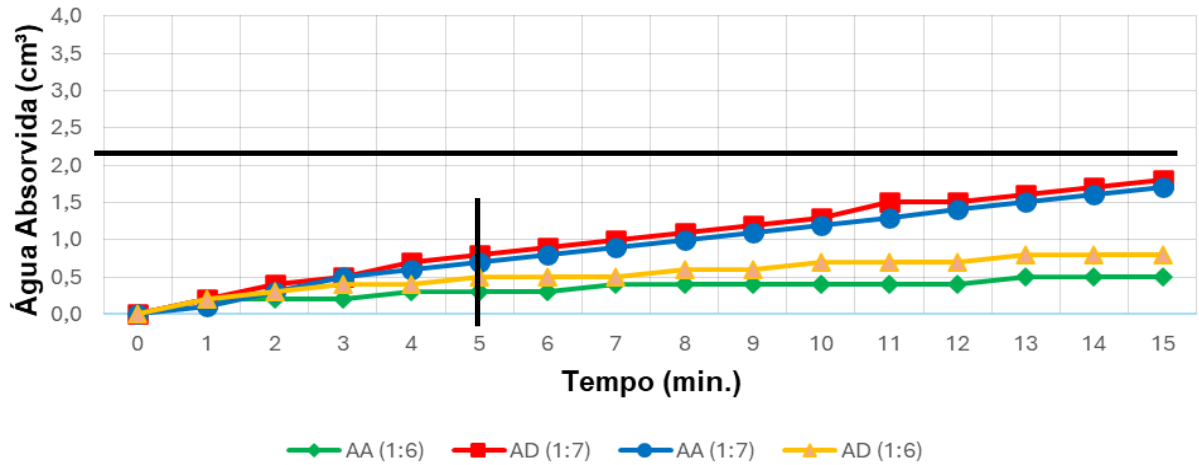
A Tabela 8 mostra que de fato, apesar da alteração do proporcionamento das misturas e da inserção do detergente na composição das argamassas, estes não se mostraram agentes determinantes a ponto de torna-las, significativamente, distintas entre si. As diferenças entre as propriedades avaliadas (estado plástico e endurecido) não foram suficientes para mudar a classificação das argamassas de revestimento, segundo alguns dos critérios de requisitos prescritos na norma NBR 13281-1 (ABNT, 2023).

A partir das avaliações das argamassas é possível afirmar que o uso do detergente forneceu características de plasticidade/trabalhabilidade semelhantes às do aditivo plastificante, sem alterar de maneira significativa as suas resistências mecânicas.

3.4 Permeabilidade das argamassas pelo método do “cachimbo”

A mensuração da permeabilidade dos revestimentos foi realizada por meio do método do cachimbo a fim de avaliar o quanto foi significativo a alteração nos proporcionamentos “cimento: agregado” na composição dos revestimentos, bem como, analisar a inserção do detergente doméstico (LAS) na referida propriedade. A Figura 5 permite observar os comportamentos obtidos.

Figura 5 – Permeabilidade das argamassas de revestimento: (AA) Argamassas aditivada e (AD) Argamassa com detergente doméstico (LAS). Proporcionamentos 1:6 e 1:7 (cimento:agregado miúdo natural)



Fonte: Autores

Por meio da análise da Figura 5 é possível observar que as argamassas foram eficazes com relação a propriedade de permeabilidade, pois, em todos os casos houve uma baixa absorção de água com valor de sucção menor do que 50% da capacidade da coluna de água possível de ser absorvida, no entanto, as argamassas com proporcionamento (1:6) tiveram menor permeabilidade tendo, a argamassa aditivada com o uso do plastificante industrial, os menores valores da propriedade supracitada para ambos os proporcionamentos.

O processo de desenvolvimento das características microestruturais das argamassas é formador de sua rede de poros e complexo e, como observado, gera impacto direto nas propriedades relacionadas à estanqueidade das argamassas de revestimento. Espera-se que, fisicamente, a microestrutura formada venha a ser uma barreira natural que dificulte o transporte de fluidos pelo interior do revestimento (Salomão e Bauer, 2017; Paes et al., 2020).

Neste sentido, se percebeu que a partir dos 5 minutos de ensaio houve uma mudança no mecanismo de sucção de água onde, é notório, a diferenciação entre as composições 1:6 e 1:7. Ao se avaliar a inserção do detergente na mistura e a diferenciação nos proporcionamentos, este último foi o que ocasionou maior impacto para a permeabilidade, pois, as duas argamassas executadas com maior teor de cimento (1:6, cimento: agregado) foram as que absorveram menor

quantidade de água devido, provavelmente, a uma densificação da microestrutura dessas argamassas e que dificultou a percolação do líquido pelo interior de suas matrizes cimentícias. Guimarães et al., (2024) e Almeida et al., (2024) também observaram comportamento similar ao obtido nesta pesquisa a partir da alteração na composição das argamassas, em especial, com o uso de detergente doméstico.

E, para que esse fato ocorra, uma série de medidas assertivas deve ser tomada como, por exemplo, a escolha dos materiais que propiciem o maior empacotamento das partículas com formação de menor volume e dimensão de poros a fim de dificultar a infiltração e propagação dos fluídos pelo interior dos revestimentos. E, para que esse fato ocorra, uma série de medidas assertivas deve ser tomada como, por exemplo, a escolha dos materiais que propiciem o maior empacotamento das partículas com formação de menor volume e dimensão de poros a fim de dificultar a infiltração e propagação dos fluídos pelo interior dos revestimentos (Guindani, 2018; Michael e Overend, 2021).

4. CONCLUSÃO

A seguir são apresentadas, com base nos resultados do programa experimental e das análises realizadas, as conclusões desta pesquisa.

- Apesar da diferença nos proporcionamentos de cimento:agregado e do uso de detergente na composição das argamassas de revestimentos, todas as argamassas produzidas apresentaram elevada trabalhabilidade/plasticidade com coesão de suas partículas;
- Das propriedades mensuradas no estado plástico, as duas com maiores variações são, a saber: consistência e densidade de massa. Neste sentido, com o aumento da relação água/cimento houve, conforme esperado, aumento da consistência e diminuição da densidade, em especial para a proporção 1:7 (cimento:areia, em massa);
- Com relação a retenção de água das argamassas, se observou que há uma tendência de diminuição desta propriedade com a redução do teor de cimento, bem como, com o uso do detergente. Este fato pode impactar no desempenho das argamassas nos estados fresco e endurecido,

principalmente, devido às condições climáticas singulares da região Amazônica;

- Os valores médios para o coeficiente de capilaridade mostraram comportamento similares entre os dois tipos de argamassas avaliadas. Onde, as argamassas com detergente têm seus coeficientes ligeiramente superiores, em comparação a argamassa aditivada e sendo estes maiores para as argamassas com menor consumo de cimento (1:7), indicante menor densificação da matriz cimentícia;
- A absorção de água ao longo do tempo, apresentada na Figura 4, mostrou que as argamassas tiveram comportamentos bastante análogos, com tendência a uma maior absorção de umidade na argamassa com o menor consumo de cimento e com o detergente em sua composição;
- As argamassas com detergente apresentaram uma leve diminuição de suas densidades e resistências à tração na flexão e compressão para ambos os proporcionamentos (1:6 e 1:7), em comparação às argamassas aditivadas. Apesar deste fato e da inserção do detergente na composição das argamassas, estes não se mostraram agentes determinantes a ponto de torná-las distintas entre si, segundo alguns dos critérios da norma de requisitos prescritos na ABNT 13281-1 (2023). A análise da permeabilidade pelo método do cachimbo mostrou que todas as argamassas avaliadas foram eficazes com relação a propriedade supracitada, no entanto, as argamassas com proporcionamento (1:6) tiveram menor permeabilidade.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16605**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2023.

_____. **NBR 17054**: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 16972**: Agregados – Determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 16916**: Agregado miúdo – Determinação da densidade e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 17053**: Agregado miúdo – Determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2016.

_____. **NBR 13278**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 13277**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9778**: Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9779**: Argamassa e concreto endurecidos – Determinação da absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 13749**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

ALMEIDA, B. L.; GOUVEIA, F. M.; GONÇALVES, N. A. A.; SILVA, G. F. P.; CAL, D. G. R.; PAES, I. N. L. Análise de argamassa com a introdução de material alternativo (detergente) como agente plastificante. 29º ENCONTRO REGIONAL IBRACON / PA. **Anais**. 26, 27 e 28 DE JUNHO. 2024.

ALVES, N. J. D.; DO Ó, S. W. Aditivos incorporadores de ar e retentores de água. In: BAUER, E. (ed.). **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Sinduscon-DF; LEM-UnB, 2005.

BEALL, C. **Masonry design and detailing for architects, engineers, and builders**, New York, McGraw – Hill Book Company, 1987.

CARASEK, H.; VAZ, F. H. B. Resistência de aderência de revestimentos de argamassa - contribuição por meio de mapeamento e revisão sistemática de literatura para futuras pesquisas no tema. **Cerâmica** **65** (2019), p. 303-318. <http://dx.doi.org/10.1590/0366-69132019653742508>.

CAL, Débora; NETTO, Clementino, MACEDO, Alcebíades; BRAGA, Mateus; PEREIRA, Vitor; DANTAS, Mel; ALMEIDA, Bruno; PAES, Isaura. Degradação de obras em revestimentos cerâmicos: Impacto das condições climáticas e dos detalhes arquitetônicos: Estudo de caso na Amazônia Brasileira. **Anais**. 65º Congresso Brasileiro do Concreto. Alagoas/Maceió. Outubro, 2024.

ESTEVES, C.D.C. *O comportamento de hidrófugos de superfície em revestimentos exteriores*. **Dissertação** (Mestrado). Engenharia civil. 2014. Universidade de Lisboa. Portugal.

FENG, Chi; JANSSEN, Hans. Hygric properties of porous building materials (III): Impact factors and data processing methods of the capillary absorption test. **Building and Environment**, v. 134, p. 21-34, abr. 2018.

FONTES, J. G. **Estudo comparativo da eficácia do uso de argamassa preparada com detergente neutro e com cal hidratada**. 2022. 46 f. (Monografia) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2022.

GUIMARÃES, Matheus; BARROS, Vitor; SILVA, Gabriela; DANTAS, Mel; ALMEIDA, Bruno; PAES, Isaura. Avaliação da capilaridade e permeabilidade de argamassa aditivada com plastificante em comparação a inserção de detergente à mistura, ao longo de 6 anos. **Anais**. 65º Congresso Brasileiro do Concreto. Alagoas/Maceió. Outubro, 2024.

GUINDANI, E. N. Argamassa estabilizada para revestimento: avaliação da influência da adição de finos nas propriedades do estado fresco e endurecido. Florianópolis, 2018. **Dissertação (Mestrado)** – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

MACIEL, M. H.; BERNARDO, H. M.; SOARES, G. S.; ROMANO, R. C. de O.; CINCOTTO, M. A.; PILEGGI, R. G. Efeito da variação do consumo de cimento em argamassas de revestimento produzidas com base nos conceitos de mobilidade e empacotamento de partículas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 245-259, jan./ mar. 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: IBRACON, 2014. 2ª Edição. 674 p.

MENDES, J. C.; Viabilidade técnica do uso de linear alquil benzeno sulfonato de sódio como aditivo incorporador de ar para matrizes cimentícias. 2016. 96 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

M. MICHAEL; M OVEREND. The impact of using Closed Cavity Façades (CCF) on

buildings' thermal and visual performance. *In: 8TH INTERNATIONAL BUILDING PHYSICS CONFERENCE. Journal of Physics*. 2069 (2021) 012021 IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/2069/1/012021.

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

PAES, Isaura; OLIVEIRA, Ewerton.; CORREA, Elielso. 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.

PANARESE, W. C., KOSMATKA, S. H., RANDALL JR., F. A., **Concrete Masonry Handbook for architects, Engineers, Builder**, EUA, Portland Cement Association., 1991.

QUARCIONI, V. A.; CHOTOLI, F. F.; ÂNGULO, S. C.; GUILGE, M. S.; CAVANI, G. R.; CASTRO, A. L.; CINCOTTO, M. A. **ESTIMATIVA DA POROSIDADE DE ARGAMASSAS DE CIMENTO E CAL PELO MÉTODO DE CÁLCULO DE VOLUMES**. AMBIENTE CONSTRUÍDO, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 175-187, out./dez. 2019. ISSN 1678-8621.

ROMANO, R. C. DE O. Incorporação de Ar em Materiais Cimentícios Aplicados em Construção Civil. São Paulo, 2013. **Tese** (Doutorado em Engenharia Civil) — Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

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

SALVADOR, C. M.; LARA, G. T. D.; GARCIA, R. S. **Análise comparativa de resistência à compressão entre argamassas de revestimento à base de cal hidratada e aditivo plastificante líquido**. UNIFUNEC CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR, Santa Fé do Sul, São Paulo, v. 6, n. 8, p. 180–197, 2018. DOI: 10.24980/rfcm.v6i8.2410.

SCHUBERT, H. Food Particle Technology. Part I: Properties of Particles in the Systems. **Journal of Engineering**, v. 6, n. 1, p. 1–32, 2017.

SELMO, S.M.S.; dosagem de argamassas de cimento portland e cal para revestimento externo dos edifícios. **Dissertação**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SOUZA, A; GONÇALVES, N; MONTEIRO, V; SANTOS, C; PAES, I. **Avaliação da absorção capilar de água de diferentes argamassas e sua relação com a microestrutura**. *In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais*. João Pessoa, outubro, 2023.