



CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JONAS FLORINDO DE MESQUITA

**ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA ENTRE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS**

FORTALEZA

2020

JONAS FLORINDO DE MESQUITA

**ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA ENTRE ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientadora: Prof. Me. Francisca Lilian
Cruz Brasileiro

FORTALEZA

2020

M578a MESQUITA, Jonas Florindo de .

ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA ENTRE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO
PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS / Jonas Florindo de MESQUITA. –
2020.

54 f.

Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade Ari de Sá, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2020.

Orientação: Prof. Me. Francisca Lilian Cruz Brasileiro.

1. Argamassa produzida em obra. 2. Argamassa industrializada. 3. Revestimento.

CDD 620

JONAS FLORINDO DE MESQUITA

**ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA ENTRE AS ARGAMASSAS DE
REVESTIMENTO PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil da Faculdade Ari de Sá.

Orientadora: Prof. Me. Francisca Lilian
Cruz Brasileiro

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisca Lilian Cruz Brasileiro
Faculdade Ari de Sá

Prof. Me. Davi Valente Santos
Faculdade Ari de Sá

Prof. Me. Rafaela Fujita Lima
Centro Universitário Christus

Dedico este trabalho à toda minha família,
por ter me apoiado tanto nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois se cheguei até aqui foi porque Ele me concedeu sabedoria e forças para prosseguir nesta luta durante esse período. Como diz o cantor evangélico Victorino Silva na letra de sua música intitulada Meu tributo, *“Tudo o que sou e o que almejo ser eu devo tudo a Ti”*.

Agradeço principalmente, minha mãe, Maria Dasdores Florindo de Mesquita, que foi uma guerreira durante os cinco anos de graduação, me apoiando em tudo e incentivando a sempre continuar até o fim. Ao meu pai, Raimundo Moraes de Mesquita, que com sua humildade sempre lutou para que eu tivesse um futuro melhor e me apoiou em todas as decisões tomadas. Aos meus irmãos Joab Florindo de Mesquita e Joel Florindo de Mesquita, que sempre me ajudaram e apoiaram quando mais precisava. Além disso, toda minha família, no geral, que sempre esteve me apoiando e incentivando a continuar lutando pelos meus estudos.

Agradeço à minha orientadora, professora MSc. Francisca Lilian Cruz Brasileiro, por ter aceitado o convite para orientar este trabalho e contribuir com o desenvolvimento da minha carreira acadêmica. Agradeço por todas as críticas construtivas, conselhos, incentivos, e a disponibilidade durante o trabalho.

Agradeço à banca examinadora, por contribuir na criticidade do trabalho e mostrar aquilo que pode ser melhorado, ajudando a aprimorar o presente trabalho. Agradeço também ao professor e coordenador do curso MSc. Leonardo Tavares de Souza, a todos os professores e a todos os profissionais da Faculdade Ari de Sá, que contribuíram direta e indiretamente com nosso aprendizado durante esses cinco anos.

RESUMO

MESQUITA, Jonas Florindo. **ANÁLISE TÉCNICA COMPARATIVA ENTRE AS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO PRODUZIDAS EM OBRA E INDUSTRIALIZADAS** 2020. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Faculdade Ari de Sá - Fortaleza, 2020.

A argamassa é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo primordial para o processo construtivo. Pode ser empregada em assentamento de cerâmicas, tijolos e blocos cerâmicos e de concreto, além de também poder ter função de revestimento. Durante longo período, a produção dessa argamassa era feita na obra, utilizando-se de materiais disponíveis, sem um controle de qualidade preciso. No entanto, foram desenvolvidas argamassas industrializadas com o objetivo de proporcionar maior produtividade e ao mesmo tempo qualidade. Com isso, o presente trabalho teve como objetivo comparar tecnicamente as argamassas produzidas em obra e industrializadas, por meio de um estudo experimental em laboratório. Assim, foram definidos dois traços para as argamassas produzidas em obra, em volume, sendo de 1:3 (cimento:arisco) e 1:1:6 (cimento:cal:areia). Foram adotados três fabricantes diferentes para as argamassas industrializadas, que foram preparadas conforme os limites de adição de água recomendados. Dessa forma, foi determinada a quantidade de água necessária para atingir o índice de consistência, de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016a), igual a 260 ± 5 mm, conforme recomendação da NBR 16541 (ABNT, 2016b). Também foram realizados os ensaios de retenção de água, de acordo com a NBR 13277 (ABNT, 2005a), densidade de massa e teor de ar incorporado, conforme NBR 13278 (ABNT, 2005b), absorção de água por capilaridade, conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005c), resistência de aderência à tração, de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2019) e análise de fissuras em aplicação como revestimento em um painel de 50x50 cm. Como resultado, tem-se que as argamassas estudadas apresentaram boa retenção de água, com destaque para as industrializadas. Além disso, as argamassas industrializadas tiveram desempenho melhor em relação à densidade, apresentaram maior coesão e acabamento com a colher de pedreiro e menos fissuras no revestimento. No entanto, a argamassa produzida em obra com cal e areia teve o resultado superior na resistência de aderência à tração. Portanto, com os resultados coletados, percebe-se que uma das argamassas industrializadas produziu revestimentos menos propensos à fissuração quando comparadas às produzidas em obra, dentro das limitações do programa experimental da pesquisa.

Palavras-chave: Argamassa produzida em obra. Argamassa industrializada. Revestimento.

ABSTRACT

MESQUITA, Jonas Florindo. **Comparative technical analysis between coating mortars produced on site and industrialized** 2020. 51 f. Completion of course work (Bachelor in Civil Engineering). Faculdade Ari de Sá - Fortaleza, 2020.

Mortar is one of the most used materials in civil construction, being essential for the constructive process. It can be used in laying ceramics, bricks and ceramic and concrete blocks, in addition to also having a coating function. For a long time, the production of this mortar was carried out on site, using available materials, without precise quality control. However, industrialized mortars were developed with the objective of providing greater productivity and at the same time quality. With that, the present work aims to technically compare mortars produced on site and industrialized through an experimental study in the laboratory. Thus, two lines were defined for mortars produced on site, in volume, being 1: 3 (cement: arisco) and 1: 1: 6 (cement: lime: sand). Thus, the amount of water needed to reach the consistency index was determined, according to NBR 13276 (ABNT, 2016a), equal to 260 ± 5 mm, as recommended by NBR 16541 (ABNT, 2016b). Water retention tests were also carried out, according to NBR 13277 (ABNT, 2005a), mass density and incorporated air content, according to NBR 13278 (ABNT, 2005b), water absorption by capillarity, according to NBR 15259 (ABNT, 2005c), tensile adhesion resistance according to NBR 13528 (ABNT, 2019) and crack analysis in application as a coating on a 50x50 cm panel. As a result, the studied mortars showed good water retention, but the industrialized mortar has an advantage. In addition, industrialized mortars performed better in terms of density, presented greater cohesion and finishing with a trowel, and less pathological manifestations such as cracks in the lining. However, the mortar produced on site with lime and sand, had the superior result in tensile adhesion resistance. So, with the results collected, it is noticed that industrialized mortar produces coatings less prone to cracking when compared to those produced in the studied work.

Keywords: Mortar produced on site. Industrialized mortar. Coating.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diferentes alternativas de revestimento de parede: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura.....	19
Figura 2 - Classificação das areias quanto à distribuição granulométrica e sua influência na retração plástica.	24
Figura 3 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.	25
Figura 4 - Processos de deterioração dos revestimentos de argamassa.	28
Figura 5 - Etapas do estudo experimental.....	29
Figura 6 - Curvas granulométricas da areia e do arisco.....	30
Figura 7 - Fissurômetro.	32
Figura 8 - Ensaio de índice de consistência. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.	33
Figura 9 - Ensaio de Retenção de água. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.	33
Figura 10 - Ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.	34
Figura 11 - Moldagem e armazenamento dos corpos de provas. (a) forma prismática seção transversal de 40 mm x 40 mm e 160 mm de comprimento. (b) corpos de provas após a moldagem.	34
Figura 12 - Ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.	35
Figura 13 - Preparo de painéis de medidas 50cmx50cmx2cm para ensaio de resistência de aderência à tração e fissuração.	35
Figura 14 - Execução do ensaio de resistência de aderência à tração.	36
Figura 15 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 1.....	43
Figura 16 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 2.....	44
Figura 17 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 3.....	45
Figura 18 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa produzida em obra com cal.....	46
Figura 19 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa produzida em obra com arisco.....	47
Figura 20 - Análise de fissuras com (a) argamassa industrializada 2 (b) argamassa produzida em obra com arisco (c) argamassa produzida em obra com cal (d) argamassa industrializada 1 (e) argamassa industrializada 3.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados alcançados no ensaio de densidade de massa para argamassa industrializada e produzida em obra.	39
Tabela 2 - Resultados alcançados no ensaio de absorção de água por capilaridade.	41
Tabela 3 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 1.....	42
Tabela 4 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 2.....	43
Tabela 5 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 3.....	44
Tabela 6 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa produzida em obra com cal.	45
Tabela 7 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa produzida em obra com arisco.	46
Tabela 8 - Resultados alcançados no ensaio de fissuração para argamassa industrializada e produzida em obra.....	49

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Origem das manifestações patológicas.	27
Gráfico 2 - Valores das relações água/materiais secos	37
Gráfico 3 - Valores das consistências das argamassas.	37
Gráfico 4 - Comparativo entre a retenção de água das misturas.	38
Gráfico 5 - Resultados alcançados no ensaio de teor de ar incorporado para argamassa industrializada e produzida em obra.	40
Gráfico 6 - Média das resistências de aderência à tração.....	47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Outros critérios de classificação das argamassas.....	16
Quadro 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.....	23
Quadro 3 - Ensaio realizados.	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVOS.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS	16
2.1.1 Forma de preparo	17
2.1.1.1 Argamassa produzida em obra	17
2.1.1.2 Mistura semipronta para argamassa.....	17
2.1.1.3 Argamassas Industrializadas	17
2.1.1.4 Argamassa dosada em central.....	18
2.2 FUNÇÃO.....	18
2.2.1 Argamassa de assentamento	18
2.2.2 Argamassa de revestimento.....	18
2.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA.....	20
2.3.2 Cal Hidratada	21
2.3.3 Agregado miúdo.....	21
2.3.4 Aditivos	22
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 MATERIAIS.....	29
3.2 MÉTODOS.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	37
4.1 ESTADO FRESCO	37
4.1.1 Índice de consistência.....	37
4.1.2 Retenção de água.....	38
4.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado	39
4.2 ESTADO ENDURECIDO	41
4.2.1 Absorção de água por capilaridade	41
4.2.2 Resistência de aderência à tração.....	42
4.2.3 Fissuração	48
5 CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é um dos setores da economia brasileira que mais tem influência econômica e que mais gera emprego. Para Cardoso (2013), o setor é uma alavanca no crescimento do País, pois o seu Produto Interno Bruto (PIB) tem impacto fundamental no PIB nacional e revela que tem fundamental importância no desenvolvimento econômico. Porém, o setor ainda utiliza métodos construtivos artesanais, como a realização de revestimentos com equipamentos considerados bem primitivos no ramo (RECENA, 2012).

Sabendo que a produtividade é um dos fatores mais significativos na indústria em geral, principalmente na construção civil, novas tecnologias estão sendo empregadas neste setor para tentar melhorar a forma como se produz, diminuir mão de obra e gerar canteiros de obras mais limpos, porém, sem perder a qualidade final do produto. Uma delas, inclusive a que terá o foco no presente estudo, é a argamassa de revestimento industrializada.

Conforme Oliveira (2006), a argamassa industrializada possui algumas vantagens em relação à argamassa tradicional, como a homogeneidade do traço, controle tecnológico, menor desperdício, maior rendimento, produtos específicos para cada utilização, redução de ocorrência de patologias, produtos normalizados, controle de estoque, rastreabilidade de produto, racionalização do canteiro, maior produtividade, diminuição da interferência da mão de obra na qualidade do produto, entre outras.

Todavia, é recomendado por norma que as argamassas, sejam industrializadas ou produzidas em obra, cumpram alguns requisitos, tais como retenção de água e resistência de aderência à tração. O cumprimento desses requisitos faz-se necessário para que o revestimento não apresente deteriorações futuras, como desagregação, fissuras e até descolamento, podendo, inclusive, comprometer a segurança dos transeuntes caso o revestimento perca totalmente a aderência e descole.

1.1 JUSTIFICATIVA

Durante muito tempo, a construção civil foi considerada um setor improdutivo, visto que ao utilizar técnicas e materiais muitos antigos, os atrasos e vícios construtivos eram comuns. A construção civil vem passando por mudanças, principalmente pelo fato de a industrialização ganhar espaço neste setor. Um dos problemas citados está no revestimento argamassado que, dependendo do material utilizado e sua execução, apresenta manifestações patológicas comprometedoras ao aspecto visual e às questões de segurança.

Sahade (2018) explica que mais de 60% dos processos judiciais contra construtoras e engenheiros civis tem relação com problemas encontrados em revestimentos, sendo este um dos maiores geradores de custos pós-obra. Porém, isso vem mudando e a realidade é que novas técnicas e materiais foram desenvolvidos para aperfeiçoar a sua execução.

A justificativa para a realização deste estudo vem por meio da dificuldade em que muitos profissionais têm em decidir que tipo de argamassa utilizar no revestimento argamassado. Vários fatores podem influenciar nesta tomada de decisão, mas o que se destaca no presente trabalho são os materiais. Para Salvi (2017) conhecer os materiais, analisar a relação entre argamassa e substrato, suas propriedades e capacidades do sistema, são fatores principais para produzir revestimentos eficientes e com durabilidade.

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos que orientam o presente estudo são:

1.2.1 Objetivo geral

Comparar, por meio de ensaios físicos, mecânicos e mapeamento de fissuras, as características de argamassas de revestimento produzidas em obra e industrializadas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterização das argamassas através de ensaios físicos.
- Classificar as argamassas de acordo com os resultados obtidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico apresenta os conceitos básicos e relevantes ao estudo da argamassa, bem como as suas propriedades e características, a fim de contextualizar o uso da argamassa produzida em obra e industrializada, revelando como a sua utilização pode influenciar no desempenho do revestimento e na apresentação de futuras patologias.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ARGAMASSAS

Segundo Carasek (2007), as argamassas são classificadas em relação à sua forma de preparo, função, e vários outros critérios demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Outros critérios de classificação das argamassas.

Critério de classificação	Tipo
Quanto à natureza do aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa aérea •Argamassa hidráulica
Quanto ao tipo de aglomerante	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa de cal •Argamassa de cimento •Argamassa de cimento e cal •Argamassa de gesso •Argamassa de cal e gesso
Quanto ao número de aglomerantes	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa simples •Argamassa mista
Quanto à consistência da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa seca •Argamassa plástica •Argamassa fluida
Quanto à plasticidade da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa pobre ou magra •Argamassa média ou cheia •Argamassa rica ou gorda
Quanto à densidade de massa da argamassa	<ul style="list-style-type: none"> •Argamassa leve •Argamassa normal •Argamassa pesada

Fonte: Adaptado de Carasek (2007).

Como o presente estudo foca em argamassas industrializada e produzida em obra, não serão aprofundados os demais critérios de classificação apresentados no Quadro 1.

2.1.1 Forma de preparo

Destacam-se abaixo as principais formas de preparo da argamassa, parâmetro que pode influenciar nas suas características finais.

2.1.1.1 Argamassa produzida em obra

Na própria obra é medido o volume dos materiais, normalmente por meio de padiolas, onde estes são misturados e formam a argamassa. É usual que os traços sejam predeterminados e ajustados de acordo com os materiais da obra. Não é comum que essa argamassa seja criteriosamente dosada. Além disso, a umidade do agregado miúdo pode variar bastante no decorrer da obra, também por isso a quantidade de água adicionada costuma ser de acordo com a experiência do trabalhador responsável.

2.1.1.2 Mistura semipronta para argamassa

Conforme a NBR 13529 (ABNT, 2013), a mistura semipronta para argamassa é fornecida em duas formas, ensacada ou a granel, e o seu preparo é completado em obra, por adição de aglomerante(s), água e, eventualmente, aditivo(s). É uma argamassa bem diferenciada e que exige muito cuidado no momento que for ser utilizada, pois a sua qualidade dependerá da qualidade dos insumos empregados, da eficiência da mistura, processo de dosagem e do traço adotado (RECENA, 2012).

2.1.1.3 Argamassas Industrializadas

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), as argamassas industrializadas são aquelas provenientes da dosagem controlada, ou seja, cada componente tem sua medida dimensionada, em instalações próprias (indústrias), de aglomerante(s), agregado(s), e eventualmente, aditivo(s), em estado seco e homogêneo, compondo

uma mistura seca à qual o usuário somente adiciona a quantidade de água requerida para proceder à mistura.

2.1.1.4 Argamassa dosada em central

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), a argamassa dosada em central é uma argamassa mista, cujos materiais constituintes são medidos em massa. É um processo industrializado úmido, devido à argamassa sair pronta da central e ser deslocada até a obra onde será utilizada. Além disso, ela se mantém trabalhável até 72 horas após a sua confecção (MACIOSKI et al., 2013).

Para Lozovey (2018), na argamassa dosada em central o risco de erros de dosagem é menor, por possuir produção industrializada. Possuem muitas vantagens, dentre elas, controle de qualidade, redução de desperdício na obra, agilidade na execução e manutenção de um canteiro limpo.

2.2 FUNÇÃO

As argamassas têm relações com suas funções, dependendo de sua finalidade.

2.2.1 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é um material colante, utilizado em assentamento de tijolos ou blocos, para elevar paredes e muros. Suas principais funções são: unir as unidades de alvenaria; distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede; selar as juntas garantindo a estanqueidade da parede à penetração de água das chuvas e absorver as deformações naturais. (CARASEK, 2007).

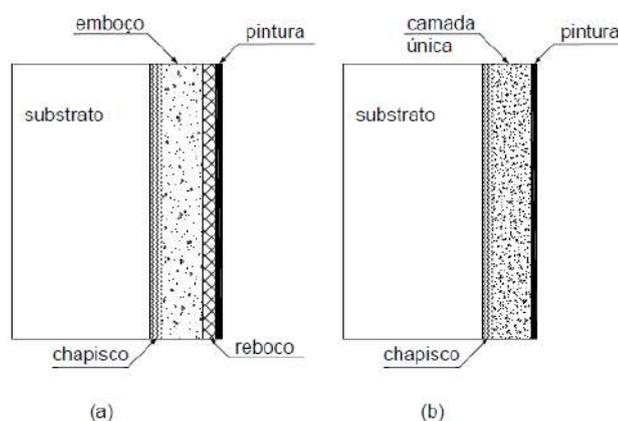
2.2.2 Argamassa de revestimento

De acordo com a NBR 13529 (ABNT, 2013), a argamassa de revestimento é um material com propriedades de aderência e endurecimento,

composto por uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos.

Além disso, a argamassa de revestimento é empregada nas construções para revestir paredes, tetos e muros, e por fim receber um acabamento com pintura, revestimentos cerâmicos, laminados etc. (CARASEK, 2007). O revestimento de argamassa geralmente é composto por diversas camadas com características e funções específicas, conforme definido a seguir e ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Diferentes alternativas de revestimento de parede: (a) emboço + reboco + pintura; (b) camada única + pintura.



Fonte: Carasek (2007).

Para Casaresk (2007), cada camada recebe um nome específico e, ao final de sua aplicação, tem um objetivo a alcançar, como é definido a seguir.

- Chapisco: camada de preparo da base, aplicada de forma contínua ou descontínua, com objetivo de uniformizar a superfície quanto à absorção e aprimorar a aderência do revestimento.
- Emboço: camada de revestimento executada para cobrir e regularizar a base, propiciando um nível que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo.
- Reboco: camada de revestimento utilizada para cobrimento do emboço, assegurando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no retoque final.

- Camada única: revestimento de um único tipo de argamassa aplicado à base, sobre o qual é aplicada uma camada decorativa, como, por exemplo, a pintura; também chamado popularmente de “massa única” ou “reboco paulista” é atualmente a opção mais empregada no Brasil.

Além disso, Maciel et al. (1998) mostram que as principais funções do revestimento de argamassa são:

- Proteger os elementos de vedação externos dos edifícios da atuação direta dos agentes agressivos.
- Contribuir com as vedações no cumprimento das suas funções, como o isolamento termo acústico e a estanqueidade à água e aos gases;
- Ajustar a superfície dos elementos de vedação, e dar suporte ao recebimento de outros revestimentos ou constituir-se no acabamento final, além de contribuir com o fator estético.

2.3 ELEMENTOS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

Dentre os elementos que constituem a argamassa, tem-se:

2.3.1 Cimento Portland

Conforme a NBR 16697 (ABNT, 2018) o cimento Portland é um ligante hidráulico adquirido pelo processo de moagem do clínquer Portland, ao qual se adiciona, durante a fabricação, a quantidade necessária de uma ou mais formas de sulfato de cálcio e adições minerais nos teores estabelecidos pela norma reguladora.

É muito importante que o cimento seja bem dosado na preparação da argamassa, pois se usado em maior volume pode levar a uma alta rigidez, retração, fissuração e descolamento, ou ao contrário, um traço com menor volume, causa desagregação do revestimento. (CARASEK, 2007).

2.3.2 Cal Hidratada

Segundo a NBR 11172 (ABNT, 1990), a cal hidratada é um aglomerante, em forma de pó, alcançada pela hidratação adequada de cal virgem, formada por hidróxido de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésio, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Existem três tipos de cal hidratada, CH-I, CH-II e CH-III, que se diferenciam pela composição química, onde o teor de anidrido carbônico (CO₂) é maior na CH-III de acordo com NBR 7175 (ABNT, 2003). Com o desenvolvimento dos aditivos, atualmente a cal tem perdido espaço na composição das argamassas.

As vantagens da utilização da cal na construção civil são muitas, destacando-se o aumento da plasticidade, visto que as suas partículas finas têm função lubrificante, conseqüentemente deixando a argamassa mais plástica e trabalhável (RIBEIRO et al., 2011).

O contato da cal com o cimento também melhora a retenção de água, evitando, dessa forma, o surgimento de trincas por retração. Isso ocorre pelo fato da cal reagir com o ar e liberar a água de sua estrutura molecular, contribuindo na cura do cimento, além de adsorver as partículas da água de amassamento. Sua utilização aumenta a durabilidade das argamassas, diminuindo a ocorrência de eflorescência e combatendo a presença de fungos (RIBEIRO et al., 2011).

2.3.3 Agregado miúdo

Segundo NBR 7211 (ABNT, 2019) este conceito refere-se a agregados cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, em ensaio de granulometria. A areia é o agregado miúdo mais utilizado na produção de argamassa, seja industrializada ou produzida em obra, porém, o seu uso deve ser bem dosado para não prejudicar a resistência de aderência.

Segundo Carasek (2007), quanto maior o teor de areia presente, menor é a capacidade de aderência da argamassa, pois areias muito grossas prejudicam a trabalhabilidade e conseqüentemente a aderência, por estarem relacionadas.

2.3.4 Aditivos

Produto incorporado à argamassa em pequena quantidade, com objetivo de melhorar as propriedades no estado fresco e endurecido. Os mais utilizados são: hidrofugantes, que reduzem a absorção de água da argamassa por capilaridade; incorporador de ar, que forma micropartículas de ar estáveis, beneficiando a trabalhabilidade e redução do consumo de água; redutor de permeabilidade, que altera uma ou mais propriedades das argamassas, com diminuição de permeabilidade à água sob pressão; e por fim, o retentor de água, que reduz a evaporação e exsudação de água da argamassa fresca e permite capacidade de retenção de água frente à sucção por bases absorventes conforme a NBR 13529, (ABNT 2013).

2.4 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

A argamassa de revestimento, quando em seus estados fresco e endurecido, apresenta algumas propriedades características destacadas abaixo.

2.4.1 Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é uma característica das argamassas no seu estado fresco, que define a facilidade com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em uma condição homogênea. Esse processo além de ser complexo, é o resultado da junção de várias outras propriedades, tais como: consistência, plasticidade, retenção de água e de consistência, coesão, exsudação, densidade de massa, adesão inicial (CARASEK, 2007) como é demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.

Propriedades	Definição
Consistência	É a maior ou menor facilidade de a argamassa deformar-se sob a ação de cargas.
Plasticidade	É a propriedade pela qual a argamassa tende a conservar-se deformada após a retirada das tensões de deformação.
Retenção de água e de consistência	É a capacidade de a argamassa fresca manter sua trabalhabilidade quando sujeita a solicitações que provocam a perda de água.
Coesão	Refere-se às forças físicas de atração existentes entre as partículas sólidas da argamassa e as ligações químicas da pasta aglomerante.
Exsudação	É a tendência de separação da água (pasta) da argamassa, de modo que a água sobe e os agregados descem pelo efeito da gravidade. Argamassas de consistência fluida apresentam maior tendência à exsudação.
Densidade de massa	Relação entre a massa e o volume de material.
Adesão Inicial	União inicial da argamassa no estado fresco ao substrato.

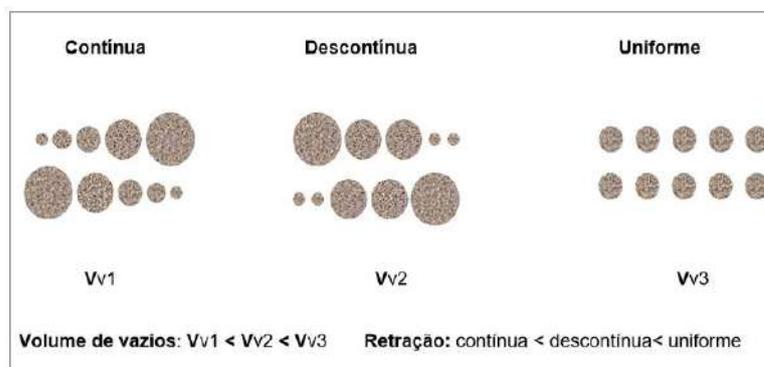
Fonte: Adaptado de Carasek (2007).

Além dessas propriedades inerentes à argamassa, a trabalhabilidade também está relacionada com as condições de preparo, transporte e aplicação do revestimento argamassado, ou seja, com as condições de contorno.

2.4.2 Retração

A retração é uma característica mais complexa, e tem sua relação com a variação de volume da pasta aglomerante. Tem grande influência na estanqueidade e durabilidade da argamassa de revestimento. A distribuição granulométrica da areia ditará o volume de vazios a ser preenchido pela pasta aglomerante e essa característica do agregado também influenciará na retração, conforme mostrado na Figura 2. (CARASEK, 2007).

Figura 2 - Classificação das areias quanto à distribuição granulométrica e sua influência na retração plástica.



Fonte: Carasek (2007).

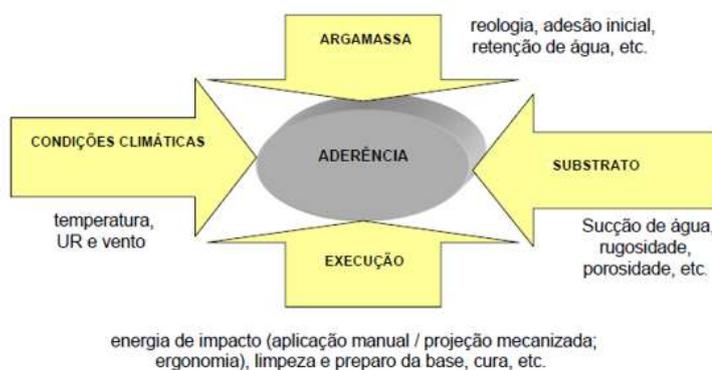
Portanto, a correta escolha dos agregados utilizados, levando em consideração a granulometria desse material, influenciará na retração da argamassa de revestimento e, conseqüentemente, no aparecimento de fissuras.

2.4.3 Aderência ao substrato

A propriedade fundamental da argamassa de revestimento no estado endurecido, que impacta diretamente na sua função, é a aderência. Para Recena (2012), a resistência de aderência é o resultado do comportamento de um sistema, e não deve ser levada em consideração apenas as características da argamassa, mas também as características do substrato de aplicação. Além disso, a eficiência da aplicação, relacionada ao fator humano, por vezes, torna-se a variável mais importante. Então, se as superfícies do substrato são mais lisas, tem-se uma resistência a aderência menor, por melhor que seja a argamassa aplicada.

Essa propriedade garante ao revestimento absorver tensões normais ou tangenciais na superfície de interface com substrato. (CARASEK, 2007). Alguns fatores como a própria argamassa, condições climáticas, execução e substrato (Figura 3) contribuem para que essa propriedade tenha sua eficácia ou não no revestimento argamassado.

Figura 3 - Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.



Fonte: Carasek (2007).

2.4.4 Permeabilidade à água

De acordo com Marciel et al. (1998) a permeabilidade à água está relacionada com a porosidade e as fissuras que o revestimento, no caso a camada de argamassa, possui, fazendo com que haja infiltração da água no seu estado líquido ou em vapor. É importante que haja um equilíbrio na permeabilidade do revestimento, devendo ser estanque à água, impedindo sua passagem, mas é recomendável que seja permeável ao vapor para fornecer a secagem da umidade de infiltração.

Além disso, se surgirem fissuras no revestimento, a ação da percolação da água é diretamente na base, comprometendo a estanqueidade da vedação e favorecendo o surgimento de outras patologias como a eflorescência, que favorece o surgimento de manchas e o descolamento da camada de revestimento.

2.4.5 Resistência mecânica

Segundo Baia e Sabbatini (2008), resistência mecânica das argamassas é responsável por suportar os esforços mecânicos de diversas origens, as propriedades são relativas aos agregados e aos aglomerantes. O desempenho dessa propriedade pode ter influência de fatores como composição e aplicação.

2.4.6 Capacidade de absorver deformações

Segundo Marciel et al. (1998), a capacidade de absorver deformações é a propriedade do revestimento que sofre deformação sem ruptura, mesmo estando sob tensão. As fissuras são consequência do alívio de tensões, causadas pelas deformações da base.

Existem alguns fatores que contribuem para a capacidade de absorver deformações, como:

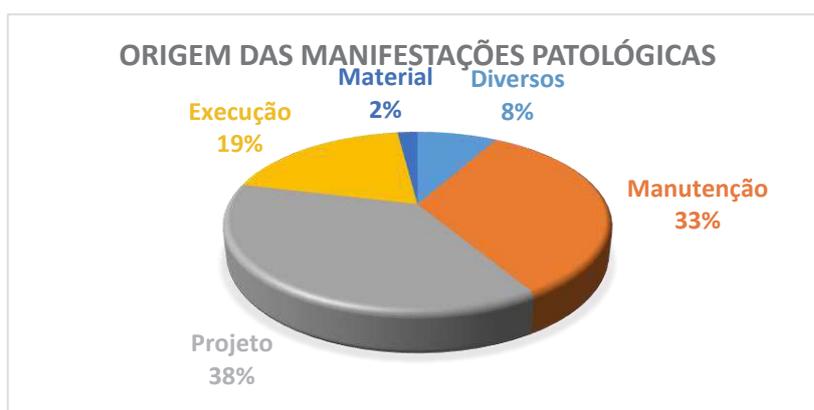
- Módulo de deformação da argamassa - quanto menor for o módulo de deformação (menor teor de cimento), maior a capacidade de absorver deformações;
- Espessura das camadas - espessuras maiores contribuem para melhorar essa propriedade; entretanto, deve-se tomar cuidado para não se ter espessuras excessivas que poderão comprometer a aderência;
- Juntas de trabalho do revestimento - as juntas delimitam panos com dimensões menores, compatíveis com as deformações, contribuindo para a obtenção de um revestimento sem fissuras prejudiciais;
- Técnica de execução - a compressão após a aplicação da argamassa e, também, a compressão durante o acabamento superficial, iniciado no momento correto, vão contribuir para o não aparecimento de fissuras.

Para Recena (2012) a capacidade de uma argamassa absorver deformações é muito importante, pois são usadas para revestir materiais de diferentes coeficientes de dilatação térmica num mesmo parâmetro vertical, como concreto armado e alvenaria de tijolos cerâmicos, e deve absorver de forma eficiente diferentes deformações decorrentes da resposta dada pelos materiais às solicitações oriundas das constantes variações térmicas e/ou higrométricas.

2.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

As manifestações patológicas em revestimentos argamassados surgem com determinada frequência, de várias formas e origens. Para Sahade (2018), as manifestações patológicas podem ter sua origem no projeto, execução, material, manutenção e diversos, como pode-se observar na Gráfico 1.

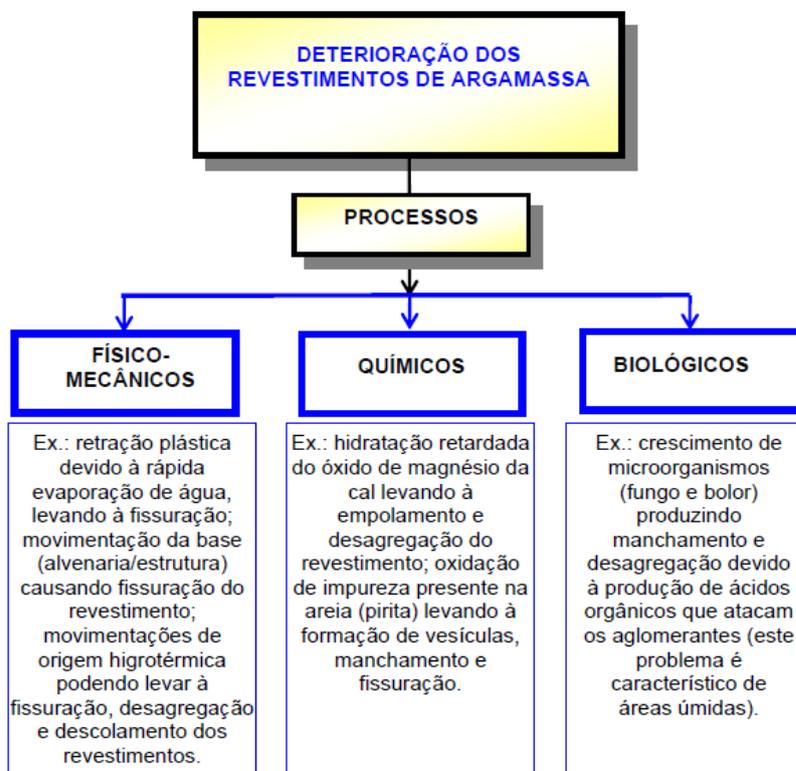
Gráfico 1 - Origem das manifestações patológicas.



Fonte: Sahade (2018)

Segundo Carasek (2007), o surgimento de manifestações patológicas em revestimentos de argamassa é causado por diferentes formas de ataque, que são classificados em físico-mecânicos, químicos e biológicos, como se pode observar na Figura 5, que apresenta a classificação dos processos de deterioração dos revestimentos de argamassa, mostrando exemplos de causas típicas relacionadas a eles.

Figura 4 - Processos de deterioração dos revestimentos de argamassa.



Fonte: Carasek (2007).

Vale salientar que a autora citada acima revela que além dos fatores externos apresentados anteriormente, também se deve levar em consideração os fatores internos da argamassa que podem interferir na durabilidade dos revestimentos argamassados, como a qualidade dos materiais constituintes da argamassa, sua composição (ou traço), os processos de execução e os fatores externos (por exemplo, exposição às intempéries, poluição atmosférica, umidade de infiltração, etc.).

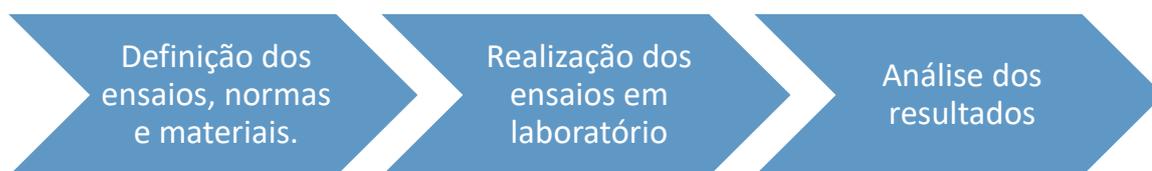
Além disso, Ceotto et al. (2005) complementam que as principais manifestações patológicas notadas nos revestimentos externos são: fissuras, descolamentos do revestimento e alteração precoce no aspecto original do material, como a perda de coloração.

3 METODOLOGIA

A princípio foi realizada uma pesquisa bibliográfica relacionada ao tema. Em seguida, foi determinado o programa experimental da pesquisa, com sua posterior execução. Por fim, foi feita a análise técnica e a classificação das argamassas, conforme os resultados obtidos.

O programa experimental foi dividido em três partes: inicialmente, definiu-se quais ensaios eram necessários para conduzir o estudo, quais as normas deveriam ser seguidas e quais os materiais utilizados. Depois, realizaram-se os ensaios em laboratório, seguindo as normas estabelecidas. Por fim, com todos os resultados compilados, foi feita uma análise técnica e as argamassas foram classificadas. A Figura 6 representa as etapas do estudo experimental.

Figura 5 - Etapas do estudo experimental.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.1 MATERIAIS

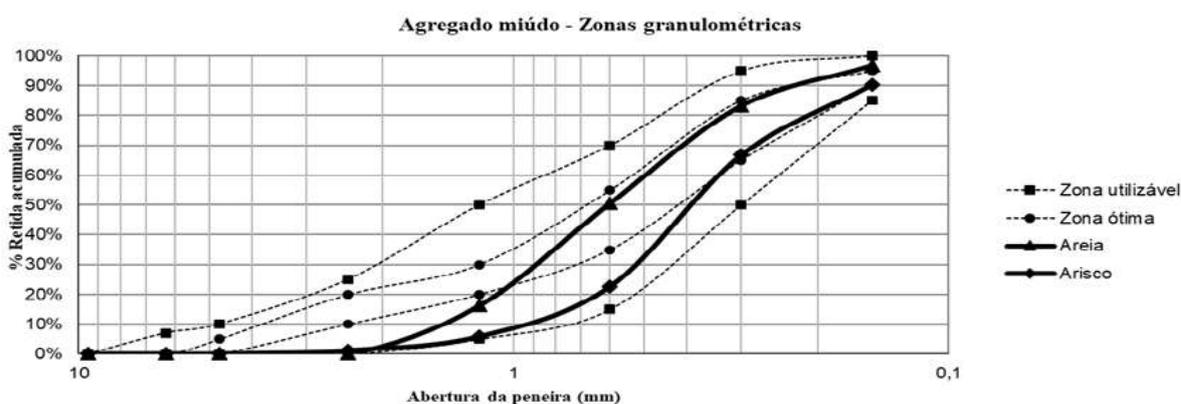
Os materiais utilizados nas produções, além da água proveniente do sistema de abastecimento público, foram adotados de acordo com as suas propriedades e uso na região de estudo, sendo os seguintes:

- Argamassas produzidas em obra.
 - Cimento CP II F 32, com massa específica igual a $3,1 \text{ g/cm}^3$
 - Cal Hidratada CH III, com massa específica igual a $2,39 \text{ g/cm}^3$
 - Areia lavada de rio, onde foi utilizado o material passante na #1,18 mm, com massa específica igual a $2,62 \text{ g/cm}^3$ e módulo de finura igual a 2,18.

- Arisco, também utilizando o material passante na #1,18 mm, com massa específica igual a 2,64 g/cm³ e módulo de finura igual a 1,75.

Foi utilizado o CP II F 32 a fim de evitar cimentos com adições pozolânicas ou cimentantes, o que poderia culminar na reação destas com o hidróxido de cálcio, principal constituinte da cal hidratada, promovendo um ganho de resistência que não seria inerente ao agregado estudado. As curvas granulométricas da areia e do arisco estão dispostas na Figura 6.

Figura 6 - Curvas granulométricas da areia e do arisco



Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebe-se na Figura 6 que o arisco ficou inserido na zona utilizável inferior, já a areia se enquadrou preponderantemente na zona ótima. Logo, o arisco é mais fino do que a areia, o que confere coesão às argamassas sem a necessidade de cal.

Vale ressaltar que essa classificação de zona ótima e zona utilizável é para aplicação de agregado miúdo em concreto, não existindo ainda um parâmetro normatizado para argamassa, servindo apenas de comparação.

- Argamassas Industrializadas: foram empregadas três argamassas de mesma função, mas de fornecedores diferentes. Conforme os fabricantes, as argamassas adotadas possuem as composições expostas abaixo.
 - Argamassa industrializada 1: Cimento, agregados minerais com granulometria controlada e aditivos químicos, com massa específica igual a 2,98 g/cm³.
 - Argamassa industrializada 2: Cimento, agregados minerais com granulometria definida e aditivos especiais, com massa específica igual a 2,67 g/cm³.
 - Argamassa industrializada 3: Cimento, agregados minerais e aditivos especiais, com massa específica igual a 2,73 g/cm³.

3.2 MÉTODOS

Com base na prática, foram definidos dois traços para as argamassas produzidas em obra, em volume, sendo de 1:3 (cimento:arisco) e 1:1:6 (cimento:cal:areia). Foram adotados três fabricantes diferentes para as argamassas industrializadas, que foram preparadas conforme os limites de adição de água recomendados. Os ensaios que foram realizados nos estados fresco e endurecido das argamassas estão expostos no Quadro 3.

Quadro 3 - Ensaios realizados.

Argamassa	Ensaio	Unidade	Método de ensaio
Estado Fresco	Índice de Consistência	mm	NBR 13276 (ABNT, 2016)
	Retenção de água	%	NBR 13277 (ABNT, 2005a)
	Densidade de massa	g/cm ³	NBR 13278 (ABNT, 2005b)
	Teor de ar incorporado	%	NBR 13278 (ABNT, 2005b)
Estado Endurecido	Absorção de água por capilaridade	g/cm ²	NBR 15259 (ABNT, 2005c)
	Resistência de aderência à tração	MPa	NBR 13528 (ABNT, 2019)
	Fissuração	m/m ²	-

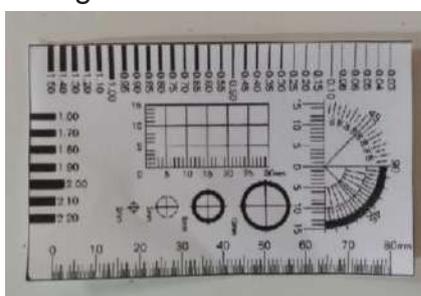
Fonte: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado no Quadro 3, a verificação da fissuração não é preconizada por norma, cabendo uma explicação do método adotado. Foram construídos painéis de revestimento argamassado com dimensões de 50cm x 50cm x 2cm (comprimento x largura x espessura) em muros erguidos de alvenarias de vedação, com tijolo cerâmico furado, chapiscadas.

Com o passar do tempo, os painéis podem apresentar fissuras superficiais, logo, para analisar esse comportamento, aos 28 dias foi realizada a somatória do comprimento de abertura de fissuras visíveis, de acordo com a sua abertura, em cada painel.

O ensaio consiste na utilização de um fissurômetro (Figura 8) para medir a espessura das fissuras visíveis superficiais, tendo em vista que em cada painel seja obtido um comprimento total correspondente ao alinhamento de todas as suas fissuras, onde será dividido pela área do painel para encontrar a sua taxa de fissuras (m/m^2). Tal ensaio contribui para avaliar a durabilidade do revestimento.

Figura 7 - Fissurômetro.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Como o estudo é comparativo, era necessário que as argamassas tivessem parâmetros similares, principalmente em relação à sua consistência. Dessa forma, para todas as argamassas estudadas, foi determinada a quantidade de água necessária para atingir o índice de consistência, de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2016a), de 260 ± 5 mm, conforme recomendação da NBR 16541 (ABNT, 2016b). A Figura 8 ilustra este procedimento.

Figura 8 - Ensaio de índice de consistência. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Realizou-se, então, o ensaio de retenção de água (Figura 9), conforme a NBR 13277 (ABNT, 2005a).

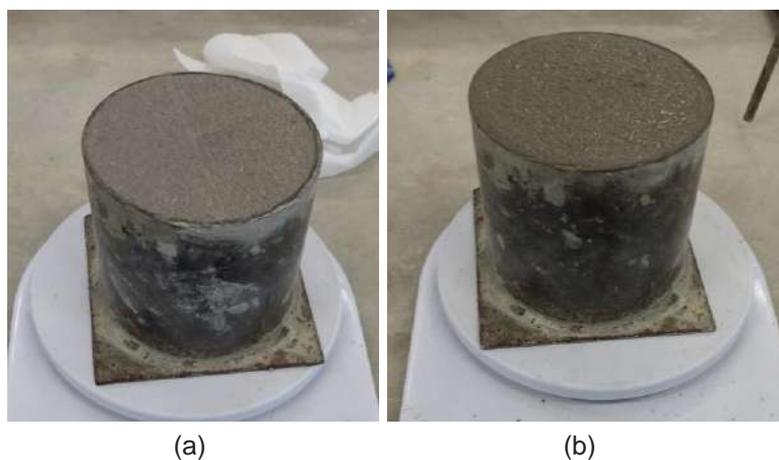
Figura 9 - Ensaio de Retenção de água. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Também foi realizada a determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado da argamassa (Figura 10), conforme NBR 13278 (ABNT, 2005b).

Figura 10 - Ensaio de densidade de massa e teor de ar incorporado. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.



(a) (b)

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em seguida, foram realizadas as moldagens de três corpos de prova prismáticos (Figura 11) para cada argamassa, conforme NBR 13279 (ABNT, 2005d).

Figura 11 - Moldagem e armazenamento dos corpos de provas. (a) forma prismática seção transversal de 40 mm x 40 mm e 160 mm de comprimento. (b) corpos de provas após a moldagem.



(a) (b)

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já no estado endurecido, foram realizados os ensaios de absorção de água por capilaridade, resistência de aderência à tração e fissuração, ainda de acordo com o Quadro 3.

O ensaio de absorção de água por capilaridade (Figura 12) e a obtenção do coeficiente de capilaridade foram realizados conforme a NBR 15259 (ABNT, 2005c).

Figura 12 - Ensaio de determinação de absorção de água por capilaridade. (a) Argamassa Industrializada (b) Argamassa produzida em obra.



Fonte: Elaborada pelo Autor.

O ensaio de resistência de aderência à tração foi executado conforme a NBR 13528 (ABNT, 2019). Para isso, utilizaram-se os mesmos painéis montados para o ensaio de fissuração, conforme Figura 13. É importante salientar que a execução do revestimento foi realizada por profissional experiente da área.

Figura 13 - Preparo de painéis de medidas 50cmx50cmx2cm para ensaio de resistência de aderência à tração e fissuração.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Após 28 dias do preparo, foi determinada a resistência de aderência à tração (Figura 14), utilizando 12 amostras para cada argamassa, seguindo as recomendações da NBR 13528 (ABNT, 2019).

Figura 14 - Execução do ensaio de resistência de aderência à tração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos estes procedimentos foram realizados tanto nas argamassas produzidas em obra quanto nas industrializadas, a fim de verificar qual obteve melhor desempenho em relação a cada propriedade e se estão conforme as recomendações normativas.

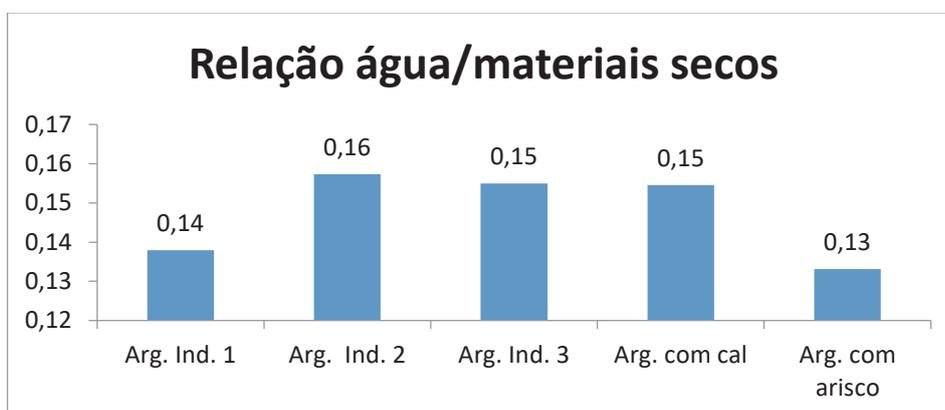
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ESTADO FRESCO

4.1.1 Índice de consistência

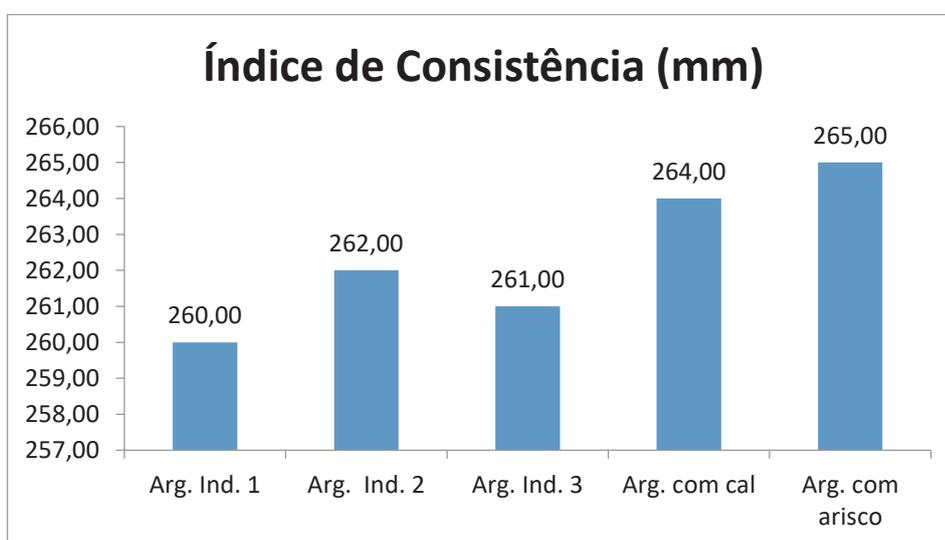
Foram obtidas as relações água/materiais secos necessárias para atingir a consistência definida, 260 ± 5 mm. O Gráfico 2 mostra as relações água/materiais secos obtidas e o Gráfico 3 expõe os valores de consistência alcançados.

Gráfico 2 - Valores das relações água/materiais secos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Gráfico 3 - Valores das consistências das argamassas.



Fonte: Elaborado pelo autor

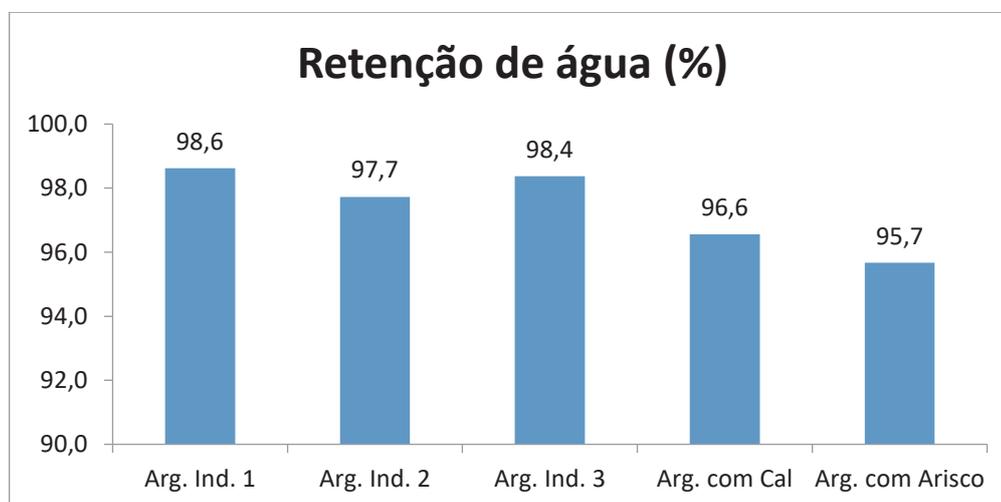
Percebe-se que todas as argamassas ficaram dentro do limite de consistência especificado. Dessa forma, a comparação entre os demais resultados fica mais coerente.

Além disso, verifica-se, por meio da relação água/materiais secos, que a argamassa industrializada 2 precisou utilizar 23% a mais de água do que a argamassa produzida em obra com arisco, sendo estas as que precisaram de mais água e menos água dentre as estudadas, respectivamente. Isso pode ter acontecido por uma quantidade de finos diferenciada.

4.1.2 Retenção de água

Com o ensaio de retenção de água, foram obtidos os resultados representados no Gráfico 3.

Gráfico 4 - Comparativo entre a retenção de água das misturas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por meio do Gráfico 4, percebe-se que todas as argamassas apresentaram retenção de água acima de 95%, embora tenham apresentado pequenas variações entre si. Essa é considerada uma situação bastante favorável, sendo pertencente à classe de retenção de água U6, maior entre todas, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005).

As argamassas industrializadas apresentaram uma leve vantagem em relação às argamassas produzidas em obra. Isso pode ter acontecido pelo fato das argamassas industrializadas terem alguns aditivos químicos que auxiliam nessa característica.

Dessa forma, as argamassas industrializadas manteriam por um pouco mais de tempo a trabalhabilidade quando sujeitas a solicitações que provocassem a perda de água. Com isso, a retração também é menor, diminuindo o aparecimento de fissuras.

4.1.3 Densidade de massa e teor de ar incorporado

Foram obtidos os seguintes resultados de densidade de massa (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados alcançados no ensaio de densidade de massa para argamassa industrializada e produzida em obra.

	Arg. Ind. 1	Arg. Ind. 2	Arg. Ind. 3	Arg. com cal	Arg. com arisco
Densidade de massa (g/cm³)	1791,11	1411,11	2026,67	2022,22	2093,33

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para Melo (2012) a densidade de massa ou massa específica varia com o teor de ar incorporado e com a massa específica dos materiais constituintes. Quanto mais leve for a argamassa, mais trabalhável será ao longo do tempo, minimizando o esforço do trabalhador na aplicação e gerando, conseqüentemente, um aumento de produtividade na operação.

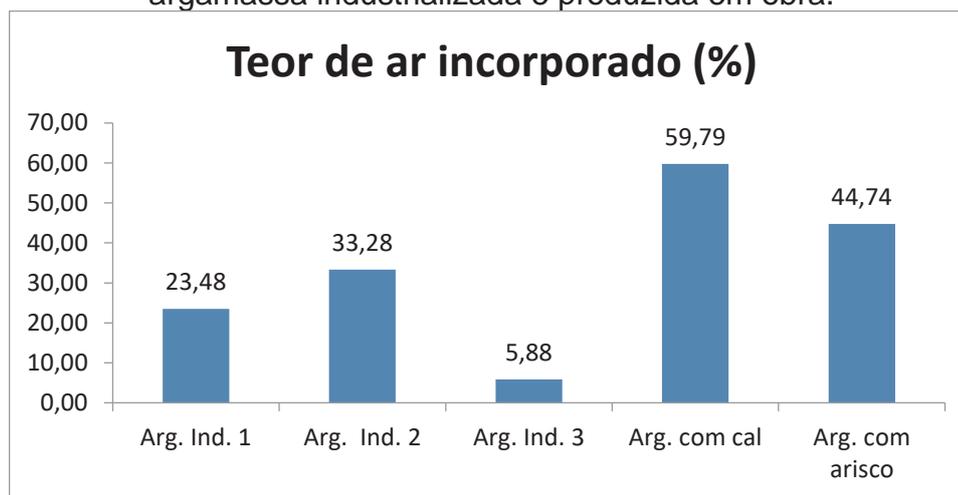
Percebe-se, na Tabela 1, que a argamassa industrializada 3 e as argamassas produzidas em obra com cal e com arisco tiveram suas densidades acima de 2000 g/cm³, sendo pertencentes à classe D6, maior entre todas, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005). Já a argamassa industrializada 1 e a argamassa industrializada 2 classificaram-se como D3.

Carasek (2007), classifica as argamassas segundo sua densidade de massa em leve (menor do que 1,40 g/cm³); normal (de 1,40 a 2,30 g/cm³); e pesada (maior

do que $2,30 \text{ g/cm}^3$). Então, conforme a Tabela 1, todas as argamassas estudadas foram classificadas como de densidade de massa normal.

Para o teor de ar incorporado, foram obtidos os resultados descritos no Gráfico 5.

Gráfico 5 - Resultados alcançados no ensaio de teor de ar incorporado para argamassa industrializada e produzida em obra.



Fonte: Elaborado pelo Autor

O teor de ar incorporado contribui na dificuldade da passagem de água no interior da argamassa por capilaridade, pois as bolhas de ar incorporado podem interromper parte dos poros capilares das argamassas (FREITAS, 2010).

O alto teor de ar incorporado contribui no aumento da trabalhabilidade das argamassas, porém pode também ser a causa de porosidade excessiva, permitindo o aumento de permeabilidade e infiltrações, que por sua vez contribuem com patologias nos revestimentos. O valor elevado do teor de ar incorporado pode contribuir para a aplicação da argamassa na execução dos revestimentos (TOKARSI et al., 2018).

Percebe-se, no Gráfico 5, que há uma grande discrepância entre os resultados encontrados e valores fora da realidade, o que pode ter caracterizado erro de ensaio. Posteriormente, essas análises serão realizadas novamente para averiguação.

4.2 ESTADO ENDURECIDO

4.2.1 Absorção de água por capilaridade

A partir do ensaio de absorção de água por capilaridade, foram obtidos os resultados descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados alcançados no ensaio de absorção de água por capilaridade.

		$m_{10}(g)$	$m_{90}(g)$	C ($g/dm^2 \cdot min^{1/2}$)
Argamassa Industrializada	1	0,0627	0,0631	2,67
	2	0,0633	0,0645	6,00
	3	0,0632	0,0643	8,00
Argamassa produzida em obra	Cal	0,0631	0,0656	18,33
	Arisco	0,0627	0,0631	3,33

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A partir da Tabela 2, pode-se constatar que os coeficientes de capilaridade da argamassa industrializada 1 e da argamassa produzida em obra com arisco são classificados como C3, de acordo com NBR 15259 (ABNT, 2005). Já as argamassas industrializadas 2 e 3 classificaram-se como C5 e a argamassa produzida em obra com cal como C6.

A argamassa produzida em obra com cal teve o seu coeficiente quase cinco vezes maior do que a argamassa produzida em obra com arisco. Isso pode ser explicado pelo fato de a argamassa com cal possuir areia em sua composição com granulometria maior do que o arisco, aumentando os espaços vazios dentro do revestimento, ou seja, a porosidade, facilitando a infiltração da água. Além disso, a argamassa com arisco possui um consumo de cimento maior do que a argamassa com cal. Entre as argamassas industrializadas, a 1 se mostrou mais favorável e a 3 mais desfavorável.

4.2.2 Resistência de aderência à tração

Nesta seção, por ter maiores detalhes de informações, serão expostos os resultados de resistência de aderência à tração das argamassas individualmente. Primeiramente, tem-se o resultado da argamassa industrializada 1, demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 1.

Argamassa industrializada 1		
Amostra	Resistência de aderência (MPa)	Modo de ruptura
1	> 0,64	100% na argamassa
2	> 0,77	
3	> 1,13	
4	> 0,83	
5	> 0,80	
6	> 1,02	
7	> 0,91	
8	> 0,96	
9	> 0,66	
10	> 0,94	
11	> 0,75	
12	> 0,68	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para a argamassa industrializada 1 tem-se o melhor desempenho registrado no terceiro arrancamento, com 1,13 MPa, menor desempenho no primeiro, com 0,64 MPa, e uma média de 0,84 MPa. Todas as amostras romperam na argamassa, por isso a resistência de aderência é maior do que a mostrada no equipamento. A Figura 15 ilustra os tipos de ruptura.

Figura 15 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 1.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados para a argamassa industrializada 2 estão demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 2.

Argamassa industrializada 2		
Amostra	Resistência de aderência (MPa)	Modo de ruptura
1	> 0,47	100% na argamassa
2	> 0,35	
3	> 0,75	
4	> 0,41	
5	> 0,52	
6	> 0,39	
7	> 0,34	
8	> 0,48	
9	> 0,56	
10	> 0,38	80% na interface chapisco/argamassa 20% na argamassa
11	> 0,50	50% na interface chapisco/argamassa 50% na argamassa
12	> 0,54	100% na argamassa

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para a argamassa industrializada 2 tem-se o melhor desempenho registrado no terceiro arrancamento, com 0,75 MPa, menor desempenho no sétimo, com 0,34 MPa e uma média de 0,47 MPa. O resultado mais próximo da resistência de aderência é referente à amostra 10, com 0,38 MPa. A Figura 16 mostra todos os tipos de ruptura.

Figura 16 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 2.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados da argamassa industrializada 3 estão demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa industrializada 3.

Argamassa industrializada 3		
Amostra	Resistência de aderência (MPa)	Modo de ruptura
1	> 0,51	100% na argamassa
2	> 0,33	
3	> 0,49	
4	> 0,46	
5	> 0,54	
6	> 0,56	
7	> 0,68	
8	> 0,36	
9	> 0,22	
10	> 0,61	
11	> 0,45	
12	> 0,47	

Fonte Elaborado pelo Autor.

Para a argamassa industrializada 3 tem-se o melhor desempenho registrado no sétimo arrancamento, com 0,68 MPa, menor desempenho no nono, com 0,22 MPa e uma média de 0,48 MPa. A Figura 18 mostra os tipos de ruptura.

Figura 17 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa industrializada 3.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Obteve-se o resultado da argamassa produzida em obra com cal, demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa produzida em obra com cal.

Argamassa produzida em obra - cal		
Amostra	Resistência de aderência (MPa)	Modo de ruptura
1	> 1,56	100% na argamassa
2	> 0,95	
3	> 1,27	
4	> 0,95	10% na interface chapisco/argamassa 90% na argamassa
5	> 1,05	100% na argamassa
6	> 0,97	
7	> 1,32	
8	> 1,70	20% na interface chapisco/argamassa 80% na argamassa
9	> 0,70	100% na argamassa
10	> 0,73	20% na interface chapisco/argamassa 80% na argamassa
11	> 0,80	
12	> 1,62	100% na argamassa

Fonte Elaborado pelo Autor.

Para a argamassa produzida em obra com cal tem-se o melhor desempenho registrado no oitavo arrancamento, com 1,70 MPa, menor desempenho no nono, com 0,70 MPa, e uma média de 1,14 MPa. Os tipos de ruptura são mostrados na Figura 18.

Figura 18 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa produzida em obra com cal.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por fim, obteve-se o resultado da argamassa produzida em obra com arisco, demonstrado na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados alcançados no ensaio de resistência de aderência à tração para argamassa produzida em obra com arisco.

Argamassa produzida em obra - arisco		
Amostra	Resistência de aderência (MPa)	Modo de ruptura
1	> 0,32	100% na argamassa
2	> 0,45	
3	> 0,13	
4	> 0,32	20% na interface chapisco/argamassa 80% na argamassa
5	> 0,49	100% na argamassa
6	> 0,31	20% na interface chapisco/argamassa 80% na argamassa
7	> 0,49	100% na argamassa
8	> 0,34	
9	> 0,40	10% na interface chapisco/argamassa 90% na argamassa
10	> 0,23	100% na argamassa
11	> 0,15	20% na interface chapisco/argamassa 80% na argamassa
12	> 0,39	100% na argamassa

Fonte Elaborado pelo Autor.

Para a argamassa produzida em obra com arisco tem-se o melhor desempenho registrado no quinto e sexto arrancamentos, com 0,49 MPa, menor desempenho no terceiro, com 0,13 MPa e uma média de 0,34 MPa. A Figura 20 mostra os tipos de ruptura.

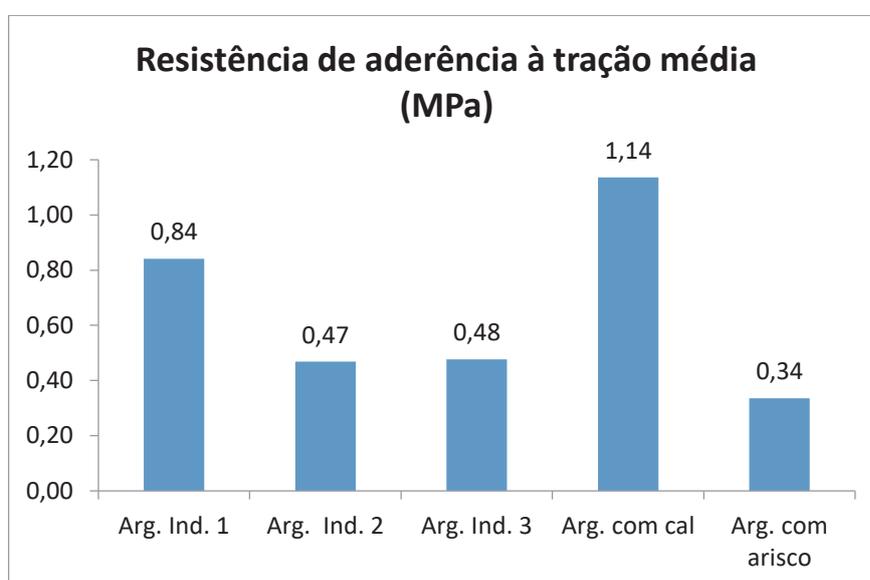
Figura 19 - Arrancamentos corpos de prova da argamassa produzida em obra com arisco.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para melhor efeito de comparação, no Gráfico 6 são apresentadas as médias aritméticas obtidas nos ensaios de resistência de aderência à tração.

Gráfico 6 - Média das resistências de aderência à tração.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por meio do Gráfico 6, percebe-se que todas as argamassas testadas apresentaram médias superiores a 0,30 MPa, portanto, acima do mínimo exigido pela NBR 13749 (ABNT, 2013) para revestimento de parede externa. A maior média de resistência a aderência foi da argamassa produzida com cal, com 1,14 MPa, já o pior desempenho foi para a argamassa produzida em obra com arisco, com 0,34 MPa. Dentre as industrializadas, destaca-se a argamassa 1.

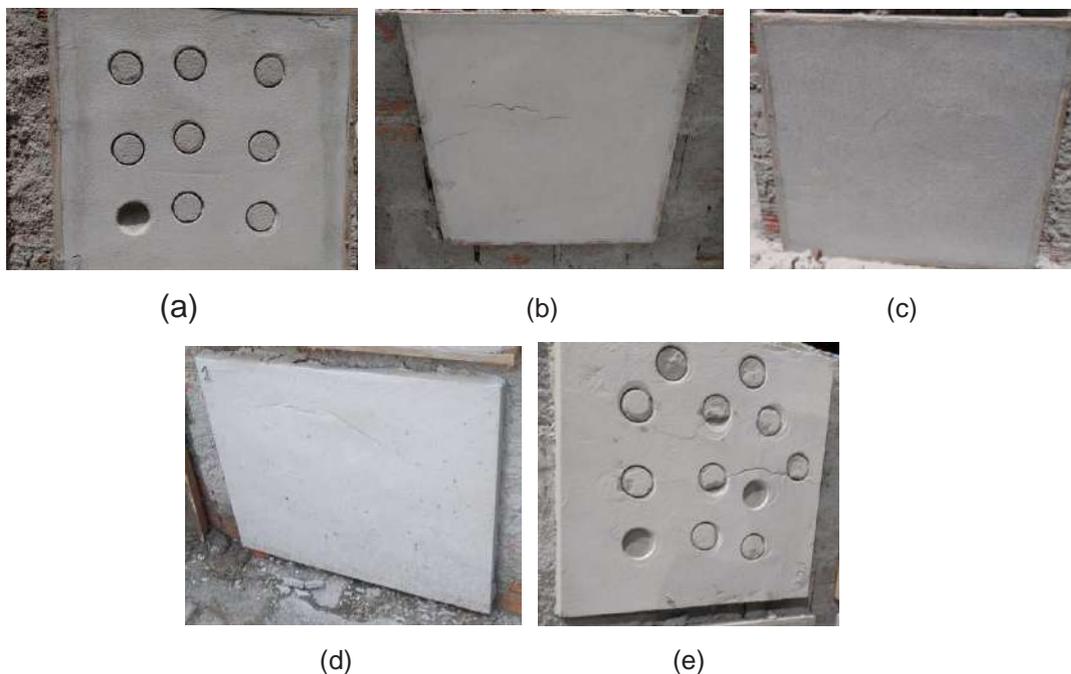
A partir da dissolução do hidróxido de cálcio na interface chapisco/argamassa forma-se uma concentração de cálcio, conseqüente à movimentação de água promovida pelo substrato. Posteriormente, os íons de cálcio são transportados para o interior dos poros, precipitando-se nos vazios da superfície do chapisco, em forma de hidratos, gerando a aderência (SILVA; LIBORIO, 2005). Por este motivo as argamassas produzidas em obra com cal se mostraram mais favoráveis em relação à aderência.

Na prática, o arisco vem sendo utilizado em substituição às argamassas mistas de cimento e cal. Essa aplicação é feita sem estudos prévios, o que pode acarretar uma aderência prejudicada.

4.2.3 Fissuração

Após os 28 dias, constataram-se algumas fissuras nos revestimentos argamassados, porém, a argamassa industrializada 2 não apresentou fissuras visíveis, como mostrado na Figura 20. O ensaio de fissuração constitui em medir o comprimento de cada fissura, somá-los e dividir pela área do painel.

Figura 20 - Análise de fissuras com (a) argamassa industrializada 2 (b) argamassa produzida em obra com arisco (c) argamassa produzida em obra com cal (d) argamassa industrializa 1 (e) argamassa industrializada 3.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Depois da realização do ensaio de fissuração, foram obtidos os resultados descritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Resultados alcançados no ensaio de fissuração para argamassa industrializada e produzida em obra.

Fissuras Aparentes			
Argamassa	Comprimento (m)	Espessura (mm)	Taxa de Fissuração (m/m²)
Arg. Ind. 1	0,39	0,65 - 1,0 - 0,35	1,56
Arg. Ind. 2	-	-	-
Arg. Ind. 3	0,285	0,80 - 1,50 - 0,60	1,94
	0,15	0,45 - 0,20 - 0,25	
	0,05	0,10 - 0,10 - 0,10	
Arg. com cal	0,30	0,60 - 0,80 - 0,70	0,40
	0,10	0,45 - 1,0 - 0,40	
Arg. com arisco	0,35	0,10 - 0,55 - 0,60	1,92
	0,13	0,10 - 0,25 - 0,10	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por intermédio da Tabela 9, percebe-se que a argamassa industrializada 3 tem o pior desempenho em relação à taxa de fissuração, com 1,94 m/m² além de apresentar 3 fissuras. Já a argamassa industrializada 2 teve o melhor desempenho, pois não apresentou fissuras, seguindo da argamassa com cal, que aprestou 2 fissuras, porém teve uma taxa de fissuração 0,40 m/m². Portanto, a argamassa industrializada 2 foi a que se destacou neste requisito.

5 CONCLUSÃO

Todas as argamassas estudadas apresentaram boa retenção de água, sendo classificadas como U6, o melhor desempenho de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005). A argamassa industrializada 1 apresentou 2,9% melhor retenção do que a argamassa produzida em obra com arisco.

A argamassa produzida em obra com cal teve o seu coeficiente de capilaridade quase cinco vezes maior do que a argamassa produzida em obra com arisco. Esse desempenho revela que a argamassa produzida em obra com cal possui maior porosidade, facilitando a infiltração de água pelo revestimento.

A argamassa produzida em obra com cal foi a que teve melhor desempenho na resistência de aderência à tração, sendo 235% maior do que a argamassa produzida em obra com arisco, que foi a que teve o pior desempenho em relação à média de resistência de aderência à tração. Além disso, as argamassas industrializadas, no geral, saíram bem nos resultados e mostram uma instabilidade maior nos resultados individuais de resistência de aderência à tração.

Por fim, as argamassas industrializadas 1, 2 e 3, apresentaram maior coesão e acabamento com a colher de pedreiro e percebe-se que a argamassa industrializada 1 produz revestimentos menos propensos à fissuração quando comparadas às outras argamassas estudadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11172: Aglomerantes de origem mineral.** Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação do índice de consistência.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da retenção de água** Rio de Janeiro, 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão.** Rio de Janeiro, 2005c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13280: Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido.** Rio de Janeiro, 2005d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração.** Rio de Janeiro, 2019a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13529: Revestimento de parede e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia.** Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **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, 2005e.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto - Especificação.** Rio de Janeiro, 2019b.

BAÍA, L. L. M; SABBATINI, F. H. **Projeto e Execução de Revestimento de Argamassa**. 4 ed. São Paulo: O Nome da Rosa, 2008

CEOTTO, L. H.; BANDUCK, R. C.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de Argamassa: boas práticas em projeto, execução e avaliação**. Porto Alegre: ANTAC, 2005f. 96p.

CARASEK, Helena. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 1.ed. São Paulo: IBRACON, 2007.

CARDOSO, F. H. **Incentivo do estado e desenvolvimento: uma análise sobre o crescimento da área da construção civil**. In: SEMANA DA CIÊNCIA SOCIAL, 24., 2013, Londrina. Anais eletrônicos... Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 2013. Disponível em:<<http://www.uel.br/eventos/semanacsoc/pages/arquivos/GT%208/Cardoso%20Fernando%20Henrique%20-%20Artigo.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2020.

FREITAS, C. **Argamassas de revestimento com agregados miúdos de britagem da região metropolitana de Curitiba: propriedades no estado fresco e endurecido**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

LOZOVEY, A.C.R. **Método de dosagem de argamassa estabilizada para assentamento de alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2018.

MACIEL, L.L., BARROS, M.M.S.B., SABBATINI, F.H., 1998, **Recomendações para a execução de revestimentos de argamassa para paredes de vedação internas e exteriores e tetos**, São Paulo, SP.

MACIOSKI, G.; KUSZKOWSKI, H.; COSTA, M. R. M. M.; CASALI, J. M. **Avaliação de Propriedades no Estado Fresco e Endurecido de Argamassas Estabilizadas**. In: X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013, Fortaleza. Anais do X Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas, 2013.

OLIVEIRA, Flavio Augusto Lindner. **Argamassa industrializada: vantagens e desvantagens**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Anhembi Morumbi, 2006.

RECENA, F.A.P. **Conhecendo argamassa**. 2ª Edição. Porto Alegre: EdiPUCRS, 2012. 189 p.

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J.D. da S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 3a. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

SAHADE, Renato. **Patologia dos revestimentos de Fachada**, 2018. Disponível em: https://sindusconchapeco.com.br/ckeditor_assets/attachments/81/material_palestra_dia_24-05-18_-_a_onda_dos_deslocamentos_ceramicos.pdf. Acesso em 01 nov. 2020.

SALVI, Chanalisa Ruggini. **AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO SOBRE DIFERENTES SUBSTRATOS NA CIDADE GUAPORÉ/RS** 2017. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil). Universidade do Vale do Taquari - Lajeado, 2017.

SILVA, V. S.; LIBORIO, J. B. L. Análise microestrutural da interface chapisco/argamassa. In: **VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas**. Florianópolis, 2005.

TOKARSI, R. B.; MATOSKI, A.; CECHIN, L.; WEBER, A. M. Comportamento das argamassas de revestimento no estado fresco, compostas com areia de britagem de rocha calcária e areia natural. **Matéria**. vol 23, n 3, Rio de Janeiro.