

**UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL
ÁREA DE CONHECIMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
ENGENHARIA CIVIL**

FELIPE CENCI SBERSE NERY

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE REVESTIMENTO ATRAVÉS DO
USO DE DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO EM SUBSTRATO CERÂMICO
E DE CONCRETO**

BENTO GONÇALVES

2022

FELIPE CENCI SBERSE NERY

**ANÁLISE DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE REVESTIMENTO ATRAVÉS DO
USO DE DIFERENTES FORMAS DE APLICAÇÃO EM SUBSTRATO CERÂMICO
E DE CONCRETO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado no curso de Engenharia Civil
da Universidade de Caxias do Sul, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Maurício
Schafer

BENTO GONÇALVES

2022

RESUMO

NERY, Felipe Cenci Sberse. **Análise do desempenho de sistemas de revestimento através do uso de diferentes formas de aplicação em substrato cerâmico e de concreto.** 2022. 90 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2022.

O avanço da tecnologia dos materiais e as novas técnicas que são buscadas na construção civil, tornam o ramo em constante evolução. Em virtude do aumento da demanda de conhecimento acerca do sistema de revestimento argamassado, surge a necessidade de avaliar novas técnicas e materiais. Com o objetivo de analisar o desempenho de diferentes sistemas de revestimentos através do uso de diferentes formas de aplicação e substratos, esta pesquisa utilizará dois substratos diferentes, cada um com três formas de aplicação de chapisco, (manual, semi-manual e mecanizado), e outras duas formas de aplicação de revestimento, (manual e mecanizado). As bases testadas foram de cerâmica e concreto. O chapisco a ser empregado é do tipo convencional com traço 1:3 (em massa), além disso, o revestimento utilizado foi com uma argamassa usinada estabilizada 36h. As argamassas empregadas foram caracterizadas quando no estado fresco, o índice de consistência. No estado endurecido a resistência à compressão, a resistência à tração na flexão, a densidade de massa, a absorção de água por capilaridade e o coeficiente de capilaridade. Por fim, foram realizados dois ensaios nos sistemas de revestimento, a resistência à aderência na tração e o acompanhamento de fissuras. Em relação aos revestimentos argamassados de modo geral, os diferentes sistemas não apresentaram fissuração e somente atendem ao desempenho quando em ambiente interno, em função da resistência de aderência à tração. O método com chapisco manual e revestimento mecanizado obteve os melhores resultados de resistência à aderência à tração frente a homogeneidade de aplicação em ambos os substratos, enquanto o chapisco semi-manual apresentou uma ineficiência como método de tratamento de base. A grande variabilidade encontrada em substrato de concreto, porém, não nos permitem obter certezas acerca dos resultados encontrados.

Palavras-chave: Argamassa de revestimento, resistência de aderência à tração, formas de aplicação, projeção de argamassa.

ABSTRACT

NERY, Felipe Cenci Sberse. **Analysis of the performance of coating systems through the use of different application forms on ceramic and concrete substrates.** 2022. 90 p. The Final Paper of Civil Engineering Course – University of Caxias do Sul, Bento Gonçalves, 2022.

The advancement of materials technology and the new techniques that are sought in civil construction, make the branch in constant evolution. Due to the increased demand for knowledge about the mortar coating system, there is a need to evaluate new techniques and materials. With the aim of analyzing the performance of different coating systems through the use of different forms of application and substrates, this research will use two different substrates, each with three forms of roughcast application (manual, semi-manual and mechanized) and others. two forms of coating application (manual and mechanized). The bases tested were ceramic and concrete. The roughcast to be used is of the conventional type with a 1:3 ratio (in mass), in addition, the coating used was with a machined mortar stabilized and usinated for 36 hours. The tests on the mortars used were as follows: in the fresh state the consistency index, in the hardened state the compressive strength, the tensile strength in bending, the mass density, the water absorption by capillarity and the capillarity coefficient. Finally, two tests were carried out on the coating systems, resistance to adhesion in traction and monitoring of cracks. Regarding mortar coatings in general, the different systems did not show cracking and only meet the performance when in an indoor environment, due to the resistance of adhesion to traction. The method with manual roughcasting and mechanized coating obtained the best results in terms of resistance to tensile adhesion in view of the homogeneity of application on both substrates, while the semi-manual roughcasting showed inefficiency as a base treatment method. The great variability found in concrete substrate, however, does not allow us to obtain certainties about the results found.

Keywords: Coating mortar, tensile bond strength, application forms, mortar projection.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Ensaio em Blocos Cerâmicos.....	38
Quadro 2 – Ensaio em Blocos de Concreto	39
Quadro 3 - Traço da Argamassa de Chapisco	40
Quadro 4 - Ensaio na Argamassa de Chapisco.....	40
Quadro 5 - Materiais Componentes da Argamassa Estabilizada	42
Quadro 6 - Ensaio na Argamassa de Revestimento e Assentamento	42
Quadro 7 - Características Geométricas de Blocos Cerâmicos	77
Quadro 8 - IAA Blocos Cerâmicos.....	77
Quadro 9 - Massa seca e massa úmida Blocos Cerâmicos	78
Quadro 10 – Características geométricas bloco de Concreto	78
Quadro 11 - IAA (%) Blocos de Concreto.....	79
Quadro 12 - Massa seca e úmida Concreto	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de chapiscos mais empregados	18
Tabela 2 - Espessuras de acordo com a NBR 13749	21
Tabela 3 - Limites de resistência de aderência à tração (Ra)	32
Tabela 4 – Planejamento de Ensaios.....	36
Tabela 5 - Combinações de Métodos Aplicados	45
Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados no substrato cerâmico	54
Tabela 7 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados no substrato de bloco de concreto	58
Tabela 8 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados nesta pesquisa	62
Tabela 9 - Índices de consistência em estado fresco das argamassas da pesquisa	80
Tabela 10 - Densidade de massa no estado fresco	80
Tabela 11 - Densidade de massa aparente	81
Tabela 12 - Densidade de massa aparente (Revestimento e Assentamento)	81
Tabela 13 - Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade.....	82
Tabela 14 - Absorção de Água total, índice de vazios e massa específica real	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Escolha do Sistema de Revestimento.....	15
Figura 2 - Propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido	16
Figura 3 – Camadas na interface substrato - argamassa.....	17
Figura 4 - Projeção mecânica de chapisco	19
Figura 5 - Revestimento tradicional e camada única.....	22
Figura 6 - Racionalização do sistema de argamassa.....	27
Figura 7 – Diferenças dos sistemas de projeção.....	29
Figura 8 - Projetor "Canequinha"	30
Figura 9 - Influência sobre bases porosas	32
Figura 10 – Manifestação patológica: Fissuras mapeadas	34
Figura 11 – Fluxograma da pesquisa	35
Figura 12 - Bloco Cerâmico.....	38
Figura 13 - Bloco de concreto	39
Figura 14 - Disposição das paredes analisadas.....	44
Figura 15 – Parede de Blocos de Concreto	46
Figura 16 - Aplicador de chapisco Semi-Manual.....	47
Figura 17 - Conjunto Compressor de Ar - Caneca	47
Figura 18 - Aplicação de chapisco mecanizado	47
Figura 19 - Espessuras das camadas de revestimento.....	48
Figura 20 - Disposição dos furos.....	49
Figura 21 - Disposição dos testemunhos no momento do arrancamento	50
Figura 22 - Tipos de ruptura de sistemas de revestimento compostos por substrato, chapisco e argamassa	50
Figura 23 - Parede sem fissuração ao longo dos 28 dias	52
Figura 24 - Resistência a aderência média à tração em substrato de cerâmica	53
Figura 25 - Tipos de Ruptura do Revestimento em Substrato Cerâmico	55
Figura 26 - Testemunho Apresentando Ruptura Tipo C (Na interface do Chapisco)	56
Figura 27 - Perfil de ruptura global de sistemas em substrato cerâmico	56
Figura 28 - Resistência de aderência média à tração	57
Figura 29 - Tipos de Ruptura do Revestimento em Substrato de Concreto	59
Figura 30 - Perfil de ruptura global em substrato de concreto.....	60

Figura 31 - Desempenho Global dos Sistemas de Revestimentos	61
Figura 32 - Análise Global das Formas de Ruptura Envolvendo todos os Sistemas da Pesquisa.....	63
Figura 33 - Aderência em Substrato Cerâmico	84
Figura 34 - Aderência em Substrato de Concreto	86

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
	1.1 OBJETIVOS.....	9
	1.1.1 Objetivo Principal.....	9
	1.1.2 Objetivos Específicos	9
	1.2 PREMISSAS E DELIMITAÇÕES.....	9
	1.3 DELINEAMENTO E CRONOGRAMA.....	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
	2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO.....	11
	2.1.1 Argamassa Preparada Em Obra.....	12
	2.1.2 Argamassa Industrializada	13
	2.1.3 Argamassa Estabilizada	14
	2.2 SISTEMA DE REVESTIMENTO ARGAMASSADOS	15
	2.2.1 Tratamento superficial: Chapisco.....	17
	2.2.2 Emboço	19
	2.2.3 Reboco	20
	2.2.4 Reboco camada única	22
	2.3 Substrato: importância da base	23
	2.3.1 Textura Superficial e Porosidade.....	24
	2.3.2 Absorção de água do substrato.....	24
	2.4 PRODUTIVIDADE DE REVESTIMENTOS.....	25
	2.4.1 Racionalização da Construção	26
	2.4.2 Formas de Projeção	28
	2.5 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO.....	30
	2.5.1 Aderência.....	31
	2.5.2 Fissuração	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	35

3.1	DIRETRIZES DO PROGRAMA EXPERIMENTAL.....	36
3.2	MATERIAIS UTILIZADOS	37
3.2.1	Bloco Cerâmico	37
3.2.2	Bloco De Concreto	39
3.2.3	Argamassa de Chapisco.....	40
3.2.4	Argamassa de Revestimento e Assentamento	41
3.2.5	Água	43
3.3	MÉTODOS EXECUTIVOS EMPREGADOS.....	44
3.3.1	Execução da Base	45
3.3.2	Execução do Chapisco	46
3.3.3	Execução do Revestimento Final	48
3.4	ENSAIOS REALIZADOS nos sistemas de revestimento.....	48
3.4.1	Revestimento – Acompanhamento de fissuração.....	48
3.4.2	Resistência de aderência à tração.....	49
3.4.3	Análise e tratamento dos dados	51
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
4.1	ACOMPANHAMENTO DE FISSURAÇÃO	52
4.2	RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO.....	52
4.2.1	Sistemas de Revestimento com Substrato Cerâmico.....	53
4.2.2	Sistemas de Revestimento com Substrato de Concreto	56
4.2.3	Desempenho Global dos Sistemas de Revestimentos	60
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

A busca do homem por materiais com a finalidade de unir elementos de diferentes componentes encontrados na natureza existe desde os primórdios da construção civil. Revestimentos argamassados são tecnologias construtivas com o uso desde a Idade Média. Inicialmente, os tijolos das alvenarias de origem cerâmica eram assentados e revestidos com argamassa proveniente da mistura de cal e areia (CEOTTO, BANDUK & NAKAKURA, 2005). A introdução do cimento Portland nas argamassas pode ser considerada uma evolução dos revestimentos que utilizam aglomerantes (RECENA, 2012).

O desempenho da argamassa de revestimento, é avaliado em função da interação com a base que irá recebê-la, ou seja, o sistema de revestimento deve ser levado em consideração. Ao longo dos últimos anos e com o avanço das tecnologias, os sistemas de revestimento argamassados sofreram alterações importantes. Com o domínio de novos materiais, como argamassas estabilizadas, também novas técnicas de execução puderam ser desenvolvidas, como as projetadas mecanicamente (BAUER, 2005).

O sistema de revestimento de argamassa é constituído por diversas camadas com características e funções específicas. Segundo Carasek (2007) as principais funções de um revestimento são de proteger a alvenaria e a estrutura contra a ação das intempéries, além de integrar o sistema de vedação das edificações, de maneira a contribuir com diversas funções. Para Recena (2012) além do preparo, a técnica de aplicação é de extrema importância para garantir a velocidade de produção com trabalhabilidade, sendo definida com antecedência pelo gestor, pois isso pode comprometer a qualidade final da tarefa.

Aliado a isto, como consequência de uma gestão ineficaz de produção, obtém-se com frequência o comprometimento da resistência, durabilidade e principalmente a perda de materiais (COSTA, 2005; PAVARISI, 2008). No Brasil muitas construtoras preferem técnicas manuais de aplicação, não utilizando as técnicas mecanizadas, mesmo com potencial de implementação e precisão (CICHINELLI, 2010).

Em virtude do aumento da demanda de conhecimento do sistema de revestimento argamassado, a partir de novas técnicas e materiais, o presente trabalho tem por objetivo oferecer uma análise das argamassas de revestimento e avaliar o seu desempenho frente a diferentes métodos de aplicação tanto da argamassa de

chapisco, por meio dos métodos de execução manual, semi-manual e mecanizado como da argamassa de revestimento nos métodos manual e mecanizado em substrato cerâmico e de concreto.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho dividem-se no objetivo principal e objetivos específicos.

1.1.1 Objetivo Principal

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar diferentes métodos de aplicação da argamassa de chapisco e de revestimento, em substrato cerâmico e de concreto, com o intuito de identificar qual sistema de revestimento proporciona melhor desempenho.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desta pesquisa estão descritos abaixo:

- a) Avaliar os sistemas de revestimento frente a resistência de aderência à tração e fissuração;
- b) Avaliar qual a forma de aplicação apresenta uma melhor aderência para os sistemas aplicados em cada tipo de substrato;
- c) Analisar a influência da base quanto ao desempenho para utilização em condições de revestimento.

1.2 PREMISSAS E DELIMITAÇÕES

O presente trabalho apresentará como premissas:

- a) O sistema de revestimento terá dois tipos de substratos: cerâmico e concreto.
- b) A argamassa de chapisco será aplicada de três maneiras: manual, semi-manual e mecanizado;

- c) A argamassa de revestimento dos sistemas de revestimento analisados será aplicada de duas formas a manual e a mecânica.
- d) Utilizados blocos cerâmicos e de concreto.
- e) Os ensaios serão realizados em laboratório dentro da estrutura da Universidade de Caxias do Sul/RS;

1.3 DELINEAMENTO E CRONOGRAMA

A estrutura do trabalho foi composta por fundamentação teórica, baseando-se sempre em revisões bibliográficas a respeito de argamassas de revestimento, argamassas em geral, uso de diferentes métodos executivos do revestimento. Além de fundamentação teórica a respeito do traço da argamassa e por óbvio das normativas nacionais quanto ao seu respectivo uso.

No primeiro capítulo, o tema principal da pesquisa foi exposto, juntamente dos objetivos e a introdução a respeito do assunto pesquisado. Após, o Capítulo 2 aborda o referencial teórico, embasando a pesquisa e proporcionando para o desenvolvimento da metodologia de pesquisa. Depois, no Capítulo 3, apresenta-se de forma detalhada a metodologia de pesquisa. Ainda, o Capítulo 4 apresenta, analisa e também discute os resultados obtidos. Finalmente, o Capítulo 5 traz considerações finais a respeito da pesquisa como um todo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de buscar uma melhor compreensão a respeito da influência de diferentes formas de aplicação do revestimento argamassado em dois substratos diferentes, a pesquisa, neste capítulo, busca referências no que diz respeito aos revestimentos argamassados, desde seus processos executivos, formas de aplicação, propriedades, características e finalmente atingir uma sincronia entre a qualidade e o desempenho do revestimento argamassado.

Além disso, serão abordados nela os substratos cerâmico e concreto, bem como os métodos de aplicação de chapisco projetado e manual. Também serão alvos da pesquisa, a revisão bibliográfica dos métodos de revestimento argamassado manual e revestimento mecanizado.

2.1 ARGAMASSA DE REVESTIMENTO

Revestimentos feitos com argamassas são materiais ou elementos construtivos com o uso desde a Idade Média. Inicialmente, os tijolos das alvenarias de origem cerâmica eram assentados e revestidos com argamassa proveniente da mistura de cal e areia. A partir da invenção do Cimento Portland, as argamassas passaram por uma evolução, pois com este produto, sua resistência e aderência às bases melhorada já nas primeiras idades (CEOTTO, BANDUK & NAKAKURA, 2005).

A NBR 13529 (ABNT, 2013) descreve a argamassa como sendo uma mistura homogênea de agregado miúdo, aglomerante inorgânico e água, podendo conter aditivos ou adições. De acordo com Petrucci (1998), as argamassas são materiais de construção civil, compostos por uma mistura mínima de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água. Já Carasek (2007) define as argamassas como materiais de construção, com propriedades de aderência e endurecimento, obtidas a partir da mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água, podendo ainda conter aditivos e adições minerais.

Bauer, Sousa & Guimarães (2005) consideram que o uso das argamassas de cimento e cal nos revestimentos é conveniente, pois ambos apresentam vantagens. Segundo os autores, a aderência e o endurecimento inicial são proporcionados pelo cimento, enquanto o uso da cal garante a trabalhabilidade, a retenção de água e a

maior aderência. Corroborando com os autores, Fiorito (1994) afirma que as argamassas mistas de cimento e cal são as mais indicadas para os revestimentos argamassados.

Recena (2008), afirma que é preciso atender algumas propriedades fundamentais para a argamassa cumprir as expectativas a ela imposta, como por exemplo: retenção de água semelhante ao substrato, trabalhabilidade adequada, boa adesão no estado fresco e resistências apropriadas no estado endurecido. Em relação aos métodos de produção da argamassa, ele pode alternar. A mais utilizada é a produção *in loco*, porém ela vem sendo substituída pela produção industrializada ensacada e a usinada estabilizada, respectivamente (PARAVISI, 2008). Todavia, Costa (2005 apud PARAVISI 2008) garante que a argamassa produzida *in loco* tem uma quantidade de processos maior que o método que utiliza a industrializada, sendo este o principal motivo de sua substituição. Como o primeiro método envolve um número de materiais maior e a necessidade de inspeções, ele se torna menos utilizado.

A ABCP (2002), indica que para se tomar a melhor decisão a respeito do uso do tipo de preparo e fornecimento da argamassa, devem-se tomar algumas considerações, como a redução das áreas de estocagem, redução de perdas na etapa de transporte e agilidade no preparo da argamassa, além da redução de custo para a atividade e atendimento dos prazos necessários. Os tipos de fornecimento e preparo mais comuns estarão descritos nos itens que seguem abaixo.

2.1.1 Argamassa Preparada Em Obra

De acordo com Fiorito (1994) as argamassas utilizadas em obra normalmente são compostas de areia natural e os aglomerantes são em geral o cimento Portland e a cal hidratada. Sendo assim, um dos fatores para que ela seja a mais comumente utilizada é a facilidade da mistura e o acesso a estes determinados materiais.

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), a argamassa preparada em obra é aquela em que seus materiais são medidos em volume ou massa na própria obra e podem ser compostas por um ou mais aglomerantes. Importante ressaltar que as quantidades dos materiais que constituem a argamassa são medidas e transportadas até o equipamento de mistura, sendo necessária a mistura em betoneira ou argamassadeira, carrinhos de mão ou padiolas, pás e peneiras.

Contudo, Recena (2008) afirma que a dosagem inadequada em obra pode gerar um grande problema, uma vez que afeta nas propriedades exigidas. Não bastasse isso, a preparação da argamassa *in loco*, solicita uma demanda de espaço grande e maior mão de obra, pois neste sistema, todo o processo de produção ocorre dentro da obra, desde o acondicionamento dos materiais até o processo de mistura deles. Até por isso, Paravisi (2008) garante que este sistema vem sendo substituído com o passar do tempo.

Segundo Piazza (2012) uma das desvantagens neste modo de preparo da argamassa é a falta de cuidado na dosagem dos componentes, prejudicando o desempenho final da argamassa no sistema construtivo. De acordo com Kiss (2003), os erros de dosagem de água e de aditivos são umas das principais causas para a ocorrência de manifestações patológicas em fachadas externas, evidenciando a falta de competência técnica nas obras na execução do revestimento.

Fora das condições ideais de dosagem, preparo, aplicação e utilização, as argamassas podem sofrer degradação, ocasionando em fenômenos patológicos que podem se apresentar como resultados de uma ou mais causas (CINCOTTO, 1998). Conforme afirmam Cincotto (1998), Bauer (1997) e Masuero (2001) as principais manifestações patológicas em revestimentos argamassados relacionados ao controle de dosagem consistem em descolamentos em placas, fissuras mapeadas com formas variadas e distribuídas por toda a superfície do revestimento.

2.1.2 Argamassa Industrializada

De acordo com a ABCP (2002) tratando-se das argamassas ensacadas, os estoques de areia, cimento e cal são eliminados ou reduzidos, criando espaço para um estoque. Como não há mais a manipulação de materiais a granel, as perdas nas atividades de descarregamento e transporte também são reduzidas. A movimentação no canteiro pode ser facilitada com o uso de *pallets*. Além disso, o processo de produção significa um traço de alto grau de confiança.

Conforme garante a NBR 13529 (ABNT, 2013), a argamassa industrializada é um produto proveniente de dosagem controlada, em instalação própria, de aglomerante(s) de origem mineral, agregado(s) miúdo(s) e, eventualmente, aditivo(s) e adição(ões) em estado seco e homogêneo, ao qual o usuário somente necessita adicionar a quantidade de água requerida. A argamassa industrializada é

caracterizada como o material que ao chegar ao canteiro, somente é necessário acrescentar água para sua utilização. Sua produção é mecanizada, dosada e controlada e seu fornecimento é ensacado (RECENA, 2011).

2.1.3 Argamassa Estabilizada

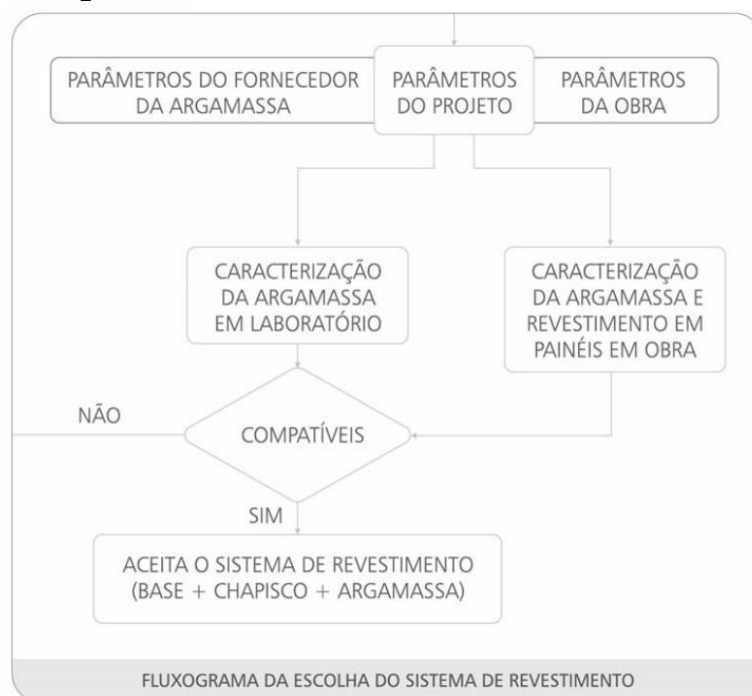
A argamassa estabilizada é um produto de uma central dosadora, sendo produzido de acordo com as características necessárias através de aditivos. Basicamente é composta por agregado(s) miúdo(s), aglomerantes, água, aditivos retardadores de pega e aditivos incorporadores de ar e sua proporção varia para cada usina fabricante (NETTO, 2019). Os aditivos utilizados geralmente melhoram a sua trabalhabilidade sem prejudicar suas propriedades no estado endurecido e passam por um rígido controle de qualidade (PANARESE 1991).

Contribuindo ao colocado anteriormente, Recena (2012) garante que uma das diferenças da argamassa convencional para a estabilizada é o uso de um aditivo chamado de estabilizador, com a função de manter a argamassa trabalhável por um tempo maior, logo aumentando o tempo de pega. De acordo com Marcondes (2009) ao se comparar com a argamassa convencional produzida *in loco*, pode-se notar algumas vantagens da argamassa estabilizada, como por exemplo a falta de necessidade de estoque e manuseio, diminuição do desperdício de material, evitar o tempo de espera e a mão de obra para preparação da argamassa, o aumento da produtividade e a racionalização da mão de obra, melhor homogeneidade, dentre outras. As argamassas dosadas em centrais tornam-se mais viáveis por necessitar menos recursos (OLIVEIRA, 2006).

Por ser transportada por caminhões betoneira desde a central dosadora, elas são acondicionadas em recipientes plásticos, adicionando uma película d'água, que auxilia para evitar as perdas de água de amassamento pela evaporação e na redução da plasticidade da argamassa. Andrade *et al.*, (2011), assim permitindo sua utilização em até 72 horas, conforme o traço dimensionado. Este tempo de utilização se torna uma grande vantagem operacional, garantindo um rendimento até 35% maior (SCHMID, 2011). Ainda, o peso da argamassa estabilizada é outro ponto a se destacar, pois ao final da obra ela apresentará uma carga atuante mais leve, assim podendo gerar uma economia na parte estrutural.

Finalmente, em um estudo comparativo da argamassa feita em central com a executada *in loco*, Daré e Souza (2014) chegaram à conclusão de que a argamassa estabilizada gerou mais produtividade e um custo por metro quadrado de 39% menor que a argamassa feita em obra, para estes resultados levou-se em consideração tanto os custos diretos quanto indiretos. Mesmo assim, segundo Rocha (2014), a argamassa estabilizada, apesar de ser o processo mais otimizado e oferecer um maior rigor de inspeção da produção, ainda é preterida devido ao seu custo elevado em relação às outras duas. A Figura 1 apresenta um fluxograma.

Figura 1 - Escolha do Sistema de Revestimento



Fonte: Ceotto, Banduk & Nakakura (2005).

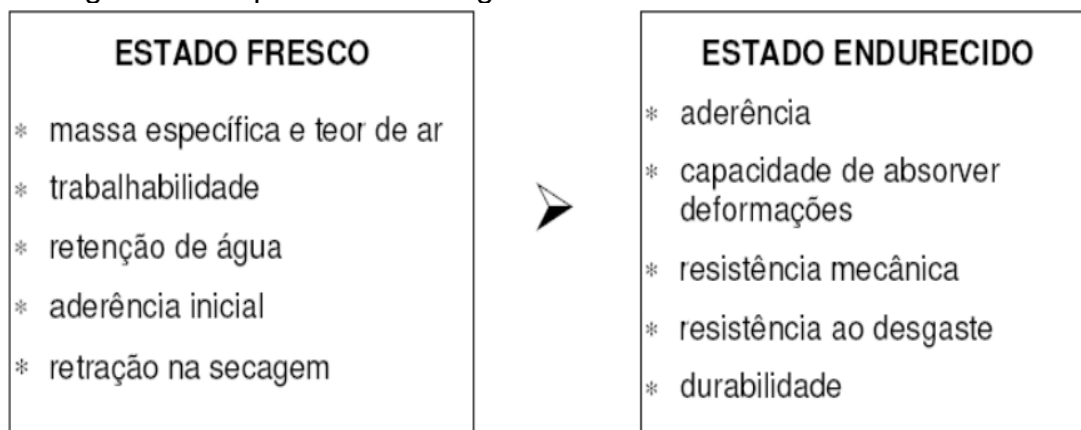
2.2 SISTEMA DE REVESTIMENTO ARGAMASSADOS

Segundo a norma NBR 13530 (ABNT, 1995), os revestimentos são considerados como sistemas constituídos de uma ou mais camadas de argamassa, podendo cada uma delas ter funções características. São aplicadas sobre paredes ou tetos, objetivando uma aparência desejada e em casos específicos, atendem às exigências de conforto térmico e de proteção contra radiação e umidade. O revestimento argamassado segue sendo muito utilizado na construção civil, despertando interesse dos mais altos níveis hierárquicos desta área, desde

construtoras e pesquisadores, visto que a cada dia surgem novas tecnologias que não tornam este seguimento obsoleto. Visto o que foi dito anteriormente, a busca ideal é pelo conhecimento do comportamento no conjunto substrato-argamassa, analisando o comportamento como um todo (GASPERIN, 2011).

De acordo com Maciel, Barros e Sabbatini (1998), para que os revestimentos argamassados apresentem suas funções técnicas de proteção, vedação, estanqueidade, regularização e estética, é imprescindível que ele apresente um conjunto de propriedades específicas da argamassa no estado fresco e endurecido, como consta na Figura 2. Como a argamassa é um elemento que precisa dos processos de mistura de materiais e cura para que se torne um elemento rígido, ela varia de estado, de fresco para endurecido, adquirindo assim, novas exigências de desempenho (JANTSCH, 2015).

Figura 2 - Propriedades da argamassa no estado fresco e endurecido



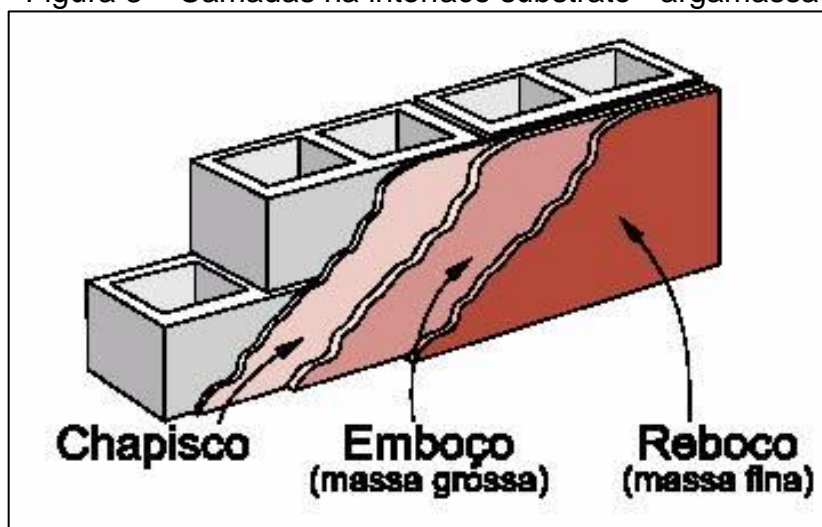
Fonte: Maciel, Barros & Sabbatini (1998).

Vale ressaltar que segundo Carasek (2010), para o bom desempenho das argamassas de revestimento de parede as propriedades essenciais são: a trabalhabilidade, plasticidade e adesão; retração; aderência; permeabilidade à água; resistência mecânica superficial e capacidade de absorver deformações. Além disso, conforme a NBR 13749 (ABNT, 2013) o revestimento de argamassa deve representar textura uniforme, sem imperfeições, tais como: cavidades, fissuras, manchas e eflorescência, devendo ser prevista na especificação de projeto a aceitação ou rejeição, conforme níveis de tolerâncias admitidas.

O sistema de revestimento argamassado, compreendido como uma união de subcamadas, para Bauer (2005), atua em conjunto com o substrato. Quanto as suas

funções, elas vão desde proteção ao substrato, como também estanqueidade, isolamento térmico e acústico, regularização da superfície e finalmente funções estéticas, uma vez que normalmente são responsáveis pelo acabamento. Os sistemas de revestimentos contribuem para o desempenho e a durabilidade da edificação, prevenindo a degradação dos elementos ali presentes (GUIMARÃES 2002). Assim, a aderência adequada do conjunto argamassa-substrato deve conter propriedades resistentes coerentes com os esforços existentes. A Figura 3 ilustra este conjunto.

Figura 3 – Camadas na interface substrato - argamassa



Fonte: Facilite Engenharia (2020).

2.2.1 Tratamento superficial: Chapisco

O substrato de modo geral, recebe uma camada de revestimento denominada chapisco, que auxilia para promover uma boa aderência da base com a argamassa. Sendo assim aumentando a rugosidade superficial e regularizando a absorção de água presente na argamassa de revestimento (MOURA, 2007). Já a NBR 13529 (ABNT, 2013) define o chapisco como uma camada de preparação da base, podendo ser aplicado de forma contínua ou descontínua, fazendo com que a superfície fique uniforme frente à absorção, possibilitando uma melhor aderência do sistema de revestimento. Responsável, principalmente, por criar uma ponte de aderência para regularizar o substrato, o chapisco é o primeiro processo construtivo executado no revestimento argamassado.

Ainda, corroborando com Moura (2007), de acordo com Scartezini *et al.*, (2002), são necessários pré-tratamento das bases, visando equilibrar a absorção de água e elevar a rugosidade superficial com o objetivo de melhorar a capacidade de aderência entre as camadas. Dentre estes tratamentos, o chapisco é normalmente o mais utilizado, uma vez que atinge resultados satisfatórios de aderência. Com o intuito de obter-se a ancoragem adequada, seus desempenhos físicos e mecânicos, na fase final de projeto deve-se indicar os materiais e equipamentos envolvidos de forma exata para não ocorrerem improvisos ou substituições por materiais que não apresentem desempenhos semelhantes. (CEOTTO, BANDUK & NAKAKURA, 2005).

Segundo Bauer (2005) o chapisco é um procedimento para preparação da base e não constitui uma camada do revestimento, sua espessura média é de 5 mm, e tem como função principal fornecer ao substrato uma textura rugosa e porosidade adequada para o desenvolvimento da aderência. A rugosidade atua também no pós-aplicação, favorecendo a adesão inicial. Além da textura, o chapisco ajuda na regulação da capacidade de sucção por parte do substrato. A Tabela 1, demonstra os tipos de chapiscos mais empregados.

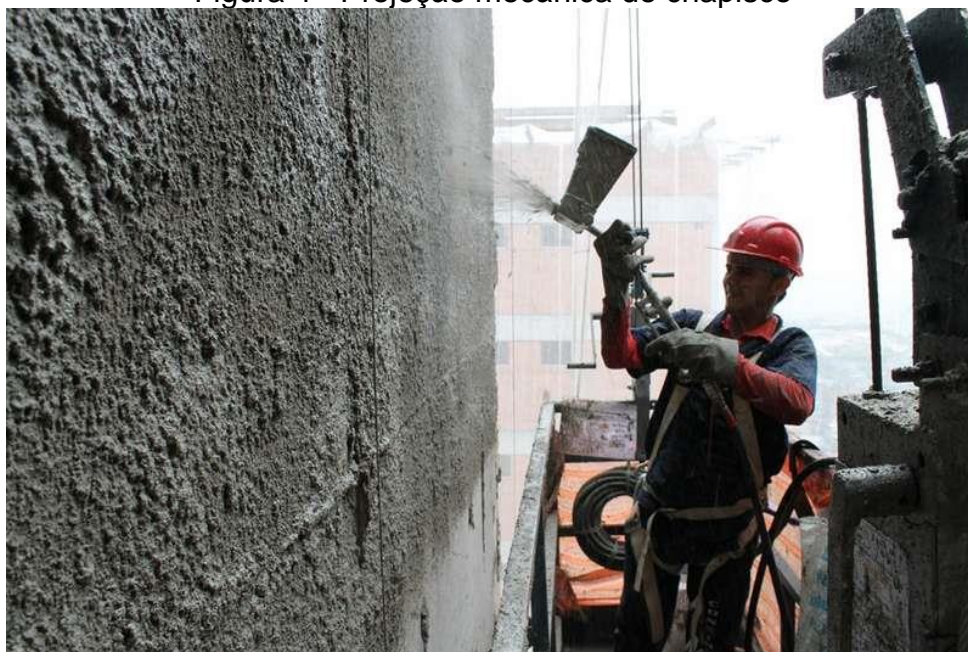
Tabela 1 – Tipos de chapiscos mais empregados

Chapisco Convencional	Executado com argamassa fluida, geralmente com o traço em volume da ordem 1:3 (cimento: areia grossa), ele é aplicado lançando o chapisco sobre o substrato com a colher de pedreiro.
Chapisco Industrializado	Argamassa industrializada misturada com água, sua forma de aplicação no substrato, através de uma desempenadeira dentada. Usualmente utilizado sobre superfícies de concreto;
Chapisco Rolado	Pode ser tanto convencional como industrializado, é aplicado com o uso de um rolo comum para textura. Aplicado com argamassa fluida.

Fonte: Autor, adaptado de Bauer (2005).

Contudo, Lacerda, Cascudo e Carasek (2008), apresentam dois tipos de aplicação de chapisco. A projeção mecanizada, com o uso de caneca, como mostra a Figura 4 e a manual. Em um estudo comparativo, a aplicação mecânica apresentou 94% de aderência contra 66% do manual, ambos em uma área de 8800 cm² de chapisco. Nesta pesquisa, os autores puderam observar uma aderência 70% maior do chapisco mecanizado em relação ao tradicional.

Figura 4 - Projeção mecânica de chapisco



Fonte: ANVI (2008).

Importante ressaltar a necessidade de cura do chapisco, principalmente em climas secos e quentes. Recomenda-se que a duração da cura seja de mínimo 24 horas para condições normais e 48 horas para condições muito secas e quentes. Falha na cura pode provocar futuras patologias, frutos de desagregação, fissuração excessiva e pulverulência (BAUER, 2005). De acordo com Sabbatini (1990), a avaliação da aderência dos revestimentos normalmente é feita através de ensaios de arrancamento por tração de corpos cortados de forma perpendicular ao plano do revestimento.

2.2.2 Emboço

O emboço tem a função de regularizar e uniformizar a superfície, além de corrigir suas irregularidades, prumos e alinhamentos. Ele atua como uma capa que evita até a infiltração de água da chuva, no caso de revestimentos externos, apresentando um importante papel de estanqueidade (AZEREDO, 1988). Segundo Carasek (2010), emboço é uma camada de revestimento de argamassa executada para cobrir e regularizar a base, propiciando uma superfície que permita receber outra camada, de reboco ou de revestimento decorativo, por exemplo, cerâmica.

Segundo Sabbatini e Barros (1990) o emboço, também conhecido por massa grossa, é uma camada cuja principal função é a regularização da superfície de

alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm. Ele deve ser aplicado diretamente sobre a base previamente preparada e se destina a receber as camadas posteriores do revestimento (reboco, cerâmica, ou outro revestimento final). Para tanto, deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a capacidade de aderência do acabamento final previsto. Ambas são características determinadas pela granulometria dos materiais e pela técnica de execução.

Vale ressaltar o emboço só deverá ser executado após a cura completa do chapisco (Yazigi, 2014). Ele deve apresentar porosidade e textura superficiais compatíveis com a aderência do revestimento final previsto. Segundo Bauer (2005), normalmente é empregado no emboço granulometria um pouco mais grossa do que as demais camadas (camada única e reboco, por exemplo), e seu acabamento é somente sarrafeado, ou seja, deixando uma textura áspera para melhorar a aderência para as camadas subsequentes.

2.2.3 Reboco

Segundo ordem cronológica de execução do revestimento argamassado, surge o reboco, que é definido pela NBR 13529 (ABNT, 2013), como uma camada de revestimento utilizada principalmente para cobrir o emboço, gerando uma superfície que permita receber o revestimento final, ou que se constitua no acabamento. Segundo Barros (2013), até o final da década de 1970, a técnica de produção utilizada no Brasil consistia na aplicação de três camadas distintas: chapisco, emboço e reboco, cada uma com uma característica específica.

As suas principais características como aderência, capacidade de absorção, durabilidade e resistência mecânica devem ser atingidas para que o revestimento cumpra com as suas atribuições (ABCP, 2002). Segundo Sabbatini (2008) o revestimento de argamassa, tem um papel importante quando se trata de vedações dos edifícios, tendo assim que atender algumas propriedades para que ocorra o bom desempenho das vedações e da edificação como um todo. De acordo com a norma NBR 13749 (ABNT, 2013), as espessuras mínimas do revestimento devem respeitar os valores que são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Espessuras de acordo com a NBR 13749

Revestimento	Espessura (mm)
Parede Interna	$5 \leq e \leq 20$
Parede Externa	$20 \leq e \leq 30$
Tetos Interno e Externo	$e \leq 20$

Fonte: NBR 13749 (2013).

De acordo com Bauer (2005), o reboco é a camada de revestimento que “cobre” o emboço, também conhecida como massa-fina. O reboco é a camada final do revestimento de argamassa, sendo aplicada sobre o emboço e com a função de conferir uma textura final de acabamento liso e íntegro, devendo estar apto para o recebimento da pintura. De acordo com a norma NBR 7200 (ABNT, 1998), os acabamentos do revestimento devem respeitar os itens (Quadro 1).

Quadro 1: Tipos de acabamentos para revestimentos

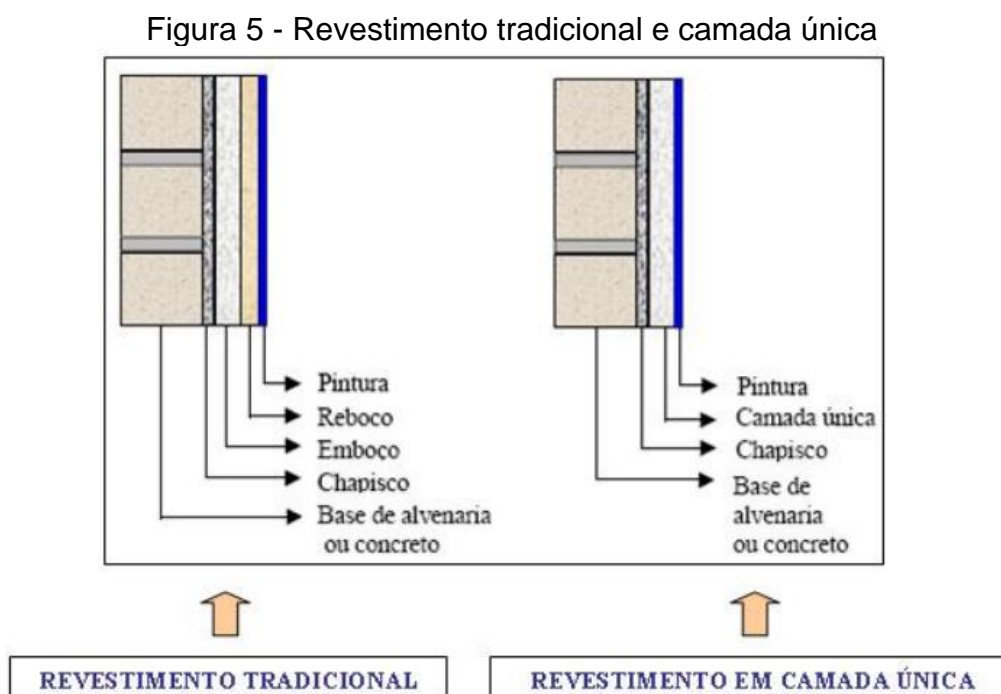
Acabamento da superfície	Tratamento superficial no estado fresco
Sarrafeado	Manter o acabamento homogêneo;
Desempenado	Executar o alisamento da superfície sarrafeada através da passagem da desempenadeira;
Camurçado	Executar o alisamento da superfície desempenada com a passagem de esponja ou desempenadeira apropriada;
Raspado	Executar o acabamento da superfície sarrafeada por meio de passagem de ferramenta denteada;
Lavado	Executar o acabamento da superfície sarrafeada em argamassa preparada com agregado apropriado, através da lavagem com jato de água;
Chapiscado	Executar o acabamento sobre a base de revestimento ou sobre o emboço por meio do lançamento de uma argamassa fluida, através de peneira de malha quadrada com abertura aproximada de 4,8 mm ou equipamento apropriado;
Imitação travertino	Executar o acabamento da superfície recém-desempenada lançando com broxa a mesma argamassa de acabamento com consistência mais fluida. Aguardar o momento ideal para alisar a superfície com colher de pedreiro ou desempenadeira de aço, conservando parte dos sulcos ou cavidades provenientes do lançamento da argamassa fluida, a fim de conferir o aspecto do mármore travertino.

Fonte: Autor, adaptado de ABNT NBR 7200 (1998).

2.2.4 Reboco camada única

Nas décadas de 1980 e 1990, ocorreram mudanças significativas no cenário da construção civil, motivadas pela globalização e maior exigência dos consumidores, associada a ideia de alta produtividade e baixo consumo de recursos. Estas mudanças fizeram com que as empresas investissem em tecnologias construtivas associadas aos revestimentos. Dentre estas alterações, os revestimentos de argamassas que até então eram aplicados tradicionalmente em três camadas começaram a ser substituídos ao de camada única, também denominados como “reboco ou emboço paulista” (CRESCENCIO; BARROS, 2013).

Este tipo de revestimento de camada única, como o próprio nome sugere, é executado diretamente sobre os substratos ou chapisco, sendo assim, a camada única deve atender não só as exigências do emboço, como também de acabamento. Portanto, fazem-se necessários procedimentos específicos para a execução, como o corte, sarrafeamento e acabamento, realizado logo após a aplicação, é atualmente a alternativa mais empregada no Brasil (BAUER, 2005).



Fonte: Piovezan & Crescencio (2003).

O reboco de massa única consiste na aplicação direta da argamassa sobre o substrato. Esta camada é desempenada e filtrada e recebe a pintura. Atualmente ele

é o mais utilizado, uma vez que aumenta a produtividade da mão de obra, eliminando o processo do reboco tradicional, pois ele mesmo cumpre essa função (CARASEK, 2007). De acordo com Bauer (2005) observa-se a tendência ao uso do procedimento com argamassa do tipo única, pois ele gera um menor custo de mão de obra e maior competitividade no mercado. Ilustrando o que foi abordado acima, Piovezan e Crescencio (2003) as modificações ocorridas entre o sistema tradicional e o revestimento em massa única (Figura 5).

2.3 SUBSTRATO: IMPORTÂNCIA DA BASE

Apesar de não fazer parte do sistema de revestimento, a base é importante para o desempenho global do revestimento (MEDEIROS; SABBATINI, 1999). Yazigi (2006) recomenda a remoção de toda sujeira outros componentes que possam prejudicar na execução e a aplicação do revestimento quanto ao preparo de base. Ainda, segundo a norma NBR 7200 (ABNT, 1998) a base deve, previamente à execução do chapisco, estar limpa, livre de pó, graxa, óleo, eflorescência, materiais soltos ou quaisquer produtos ou incrustações que venham a prejudicar a aderência do revestimento. As irregularidades superficiais devem ser eliminadas de modo que a argamassa possa ser aplicada em espessura uniforme.

De acordo com Ceotto, Banduk e Nakakura (2005) as superfícies dos blocos devem ser limpas, ficando áspera e sem sinais de contaminação. Sendo os reparos utilizando-se a mesma argamassa do revestimento. As rebarbas devem ser removidas com uma colher de pedreiro ou talhadeira e marreta leve. Em caso de fissuras deverão ser tratadas ou reforçadas com telas especificadas no projeto. Além disso, a respeito das irregularidades da base, que precisam ser eliminadas com correções de depressões e retiradas de pontas de ferro e rebarbas entre as juntas da alvenaria. Quando for o caso de bases com diferentes materiais, esta deve ser protegida com uma tela para criar uma zona de proteção ao efeito das diferentes deformações. A limpeza da base também é outro ponto chave, pois a base precisa estar completamente limpa antes de qualquer tipo de lavagem, seja escovada para a remoção de sujeiras ou até com o uso de soluções ácidas ou alcalinas para remoção de desmoldante, por exemplo. NBR 7200 (ABNT, 1998).

Para Sabbatini (2008) as bases que irão receber a aplicação dos revestimentos de argamassa podem ser de alvenaria de vedação, estrutural, ou de concreto. Sendo que cada tipo de base possui diferentes características que interferem diretamente nas propriedades do revestimento. As propriedades mecânicas do substrato, principalmente dos elementos que compõem a estrutura, como alvenaria e concreto armado, influenciam nas características de suporte e ancoragem para os sistemas de revestimento. Assim, a aderência adequada do conjunto argamassa-substrato deve conter propriedades resistentes coerentes com os esforços existentes.

2.3.1 Textura Superficial e Porosidade

Segundo Backlandt (2005) a aderência depende da textura superficial e porosidade do substrato, levando em conta o aumento gradativo de aderência. Ainda de acordo com o autor, a adesão em bases porosas e rugosas aumentam a área de contato, logo, a ancoragem da argamassa no substrato será melhor. Já de acordo com Carasek *et al.*, (2001) a aderência da argamassa no substrato é um fenômeno mecânico, causado pela penetração do aglomerante nos poros, com isso, exercendo a ancoragem da argamassa na base.

No comparativo de bases de concreto e de alvenaria, a baixa porosidade de um substrato com superfícies lisas, segundo Moura (2007), são fatores que reduzem a aderência dos revestimentos, por afetarem diretamente na macroancoragem e microancoragem. A distribuição dos poros e textura superficial, são grandes influenciadores para obter a aderência da argamassa de revestimento no substrato (ISAIA, 2007). Todavia, substratos de concreto são utilizados com frequência em edifícios por conta de suas elevadas resistências. Mesmo assim, esta utilização tende a apresentar problemas de aderência, precisando levar-se em conta as características específicas de cada material (NASCIMENTO *et al.*, 2005). Dentre as principais manifestações patológicas relacionadas com o substrato de concreto, possivelmente estão relacionados com o descolamento em concreto estrutural.

2.3.2 Absorção de água do substrato

De acordo com Mota (2001) a absorção de água pode modificar o desempenho das funções dos substratos, analisando a falta de aderência na área da base com a argamassa e essa absorção pode influenciar na plasticidade do revestimento. A absorção de água é um mecanismo de transporte relacionado com a fixação de uma determinada substância, líquida ou gasosa, no interior de outra substância (GASPERIN, 2011).

Existem basicamente três fenômenos de absorção, que são eles: difusão, capilaridade e permeabilidade (SENTONE, 2011). Segundo Callister (2002), a absorção por difusão é um fenômeno de transporte de massa a nível molecular, individual e aleatório, estimulado pela ocorrência de um gradiente de concentração entre dois meios. Já a absorção por capilaridade, segundo Moreira, Figueiredo e Helene (2001), é a medida do fluxo de um líquido sob pressão em materiais não saturados. Além disso, conforme Metha e Monteiro (1994), a absorção por permeabilidade é definida como a medida macroscópica da facilidade de um fluido em percorrer por espaços vazios. Esta facilidade é impulsionada por um gradiente de pressão entre dois meios, capaz de movimentar o fluido da região de maior pressão para a de menor pressão, podendo apresentar regime de escoamento que variam do laminar para o turbulento.

Analisando as bases de blocos cerâmicos e concreto, Franco (1998) observou que o índice de absorção inicial (IRA), variam de 11,67 e 94,20 cm².min respectivamente. Ambos os substratos foram testados em uma base lisa, úmida e sem a existência de chapisco, variando também o tempo de sarrafeamento, que ficou de uma hora para bloco cerâmico e de quatro horas para bloco de concreto. Pode-se encontrar o índice de absorção de água através dos métodos da NBR 15270:1 (ABNT, 2017).

2.4 PRODUTIVIDADE DE REVESTIMENTOS

No Brasil, tem-se percebido um crescimento considerável na utilização do sistema de projeção de argamassa em detrimento do método tradicional de 'chapar a massa', uma vez que o sistema mecanizado possibilita uma maior produtividade, uniformidade, qualidade e, conseqüentemente, competitividade, reduzindo o custo das empresas (ABCP, 2013). As empresas passaram a buscar alternativas com o foco

em obter ganhos na produtividade e qualidade para se manterem competitivas perante a concorrência de mercado (SABBATINI, 2004).

De acordo com Cunha (2011), a produtividade na construção civil pode ser definida como o volume de trabalho realizado em um determinado tempo, normalmente definido em horas, considerando a relação entre os recursos que foram utilizados para os resultados obtidos através deles. Para calcular a produtividade, utiliza-se um indicador RUP (razão unitária de produtividade), que é medida em homem-hora, levando em conta o esforço do colaborador pela quantidade de revestimento produzida, como demonstra a Equação 1.

$$RUP = \frac{Hh}{QS} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Hh = Homens-hora utilizados para execução do serviço;

QS = Quantidade de serviço executado nesse período.

Em Araújo (1999), relacionam-se dois tipos de RUP em função do período de tempo ao qual se referem às medidas de entrada e saída. Primeiramente, a RUP diária, mostra o efeito dos fatores presentes no dia de trabalho sobre a produtividade e a RUP cumulativa demonstra a tendência de desempenho do serviço, útil para previsões em obra ou para orçamentos de futuras obras. Segundo Souza (2001), a mão de obra deve ser classificada de acordo com sua abrangência. Sendo a classificação: RUP Oficial: Considera apenas a mão-de-obra dos oficiais envolvidos diretamente na produção; RUP Direta: Considera a produção correspondente aos profissionais e ajudantes; RUP Global: Considera a produtividade realizada por todos os envolvidos na execução do serviço: oficiais, ajudantes, ajudantes de fornecimento de materiais, encarregado, operador de guincho, etc.

2.4.1 Racionalização da Construção

A racionalização é um processo dinâmico, que se desenvolve e aperfeiçoa sistematicamente, tendo por objetivo a otimização dos recursos humanos, materiais e organizacionais que intervêm na construção civil. (Lichtenstein, 1987). Contudo, de

acordo com Corrêa (2010), a construção civil somente começou a se industrializar quando novos processos foram chegando ao Brasil, para reduzir custos e desperdícios na produção. Sendo assim, considera-se a Racionalização Construtiva como o conjunto de ações que tem por objetivo de otimizar o uso de todos os recursos disponíveis, em todas as fases do empreendimento (Sabbatini, 1981).

O uso de equipamentos adequados de projeção é imprescindível para tornar a projeção de argamassa um método construtivo racionalizado (TOZZI, *et al.*, 2009). Tratando do sistema de argamassa, Nakakura (2012) percebe um novo momento dos sistemas de revestimentos de argamassa. A cadeia fornecedora, agregando as suas ferramentas técnicas para a mecanização, os processos de capacitação e o planejamento do sistema, cada vez parecem mais prontos para receber o sistema, gerando produtividade, qualidade e custo (Figura 6).

Figura 6 - Racionalização do sistema de argamassa



Fonte: Nakakura (2012).

Outro ponto importante para a busca da racionalização é o desperdício de material. Costa (2005), afirma que por conta de perdas resultantes de espessuras excessivas, transporte, aplicação, manuseio de argamassa e reguamento, o índice de perdas de argamassa varia de 66% a 99%, ainda há uma parte da perda que se deve ao deslocamento em giricas, que geram perdas ao longo do trajeto. Segundo Ceotto et al (2005 apud PARAVISI 2008) as alhas se devem muito por conta do baixo nível

de conhecimento sobre o comportamento dos revestimentos e a falta de integração da cadeia produtiva.

Acerca da produtividade, Azeredo (2007), afirma que o profissional aplicando o revestimento argamassado de forma manual, produz 14 m² por dia. Quando na utilização do sistema mecanizado, ele preenche uma área de 29 m² em um dia, ou seja, ganho de 107% de produtividade. A argamassa projetada proporciona diversos ganhos, como por exemplo: prazos, produtividade, qualidade, racionalização, sustentabilidade e custos, porém estas melhorias só são possíveis quando racionalizamos também o transporte e o layout do canteiro por exemplo (TAVARES; SOMMERFIELD, 2014).

2.4.2 Formas de Projeção

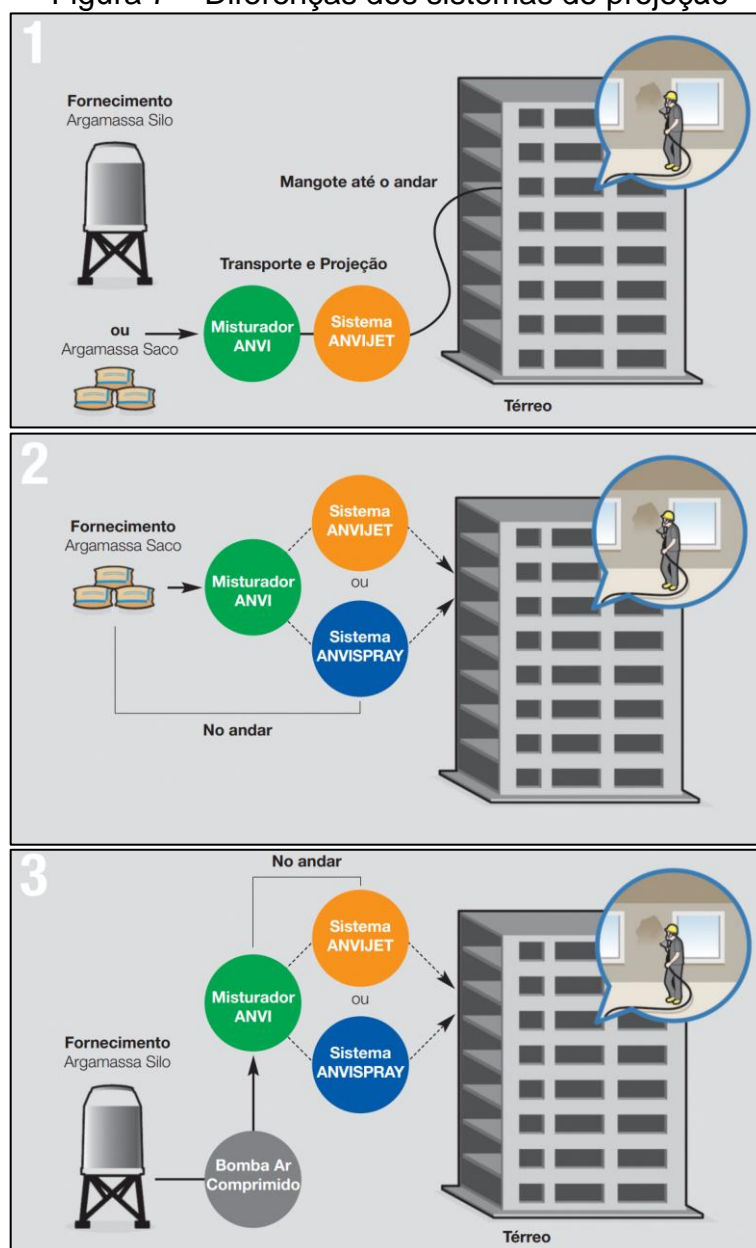
De acordo com Tozzi *et al.* (2009) o uso dos equipamentos adequados na projeção da argamassa e as orientações no modo de execução do lançamento são imprescindíveis para tornar esse método uma solução construtiva racionalizada, resultando em uma redução de tempo no processo de revestimento. Ainda, Vieira e Nakakura (2017), enfatizam que a mecanização nos processos de aplicação da argamassa como revestimento contribui expressivamente para a obtenção de ganhos em relação ao tempo de serviço e no prazo para a conclusão de serviços, e, conseqüentemente, atendendo o cronograma antes do previsto.

Segundo a ABCP (2012), para uma perfeita execução, a argamassa empregada deve ser dosada em conformidade com o tipo de equipamento a ser utilizado, bem como as condições de uso e de exposição. Outro ponto a se destacar é a importância da limpeza e manutenções nos equipamentos de projeção, para evitar os entupimentos, assegurando a facilidade de execução. Esse cuidado evita interrupções da obra e garante a produtividade.

No Brasil, atualmente existem três sistemas de projeção de argamassa (VIEIRA E NAKAKURA, 2017). O primeiro trata-se da central misturadora, o transporte do material é realizado por mangotes de até 60 metros de altura, desde a central (no térreo) até o local, alvo da projeção. O segundo é o da central portátil com material em sacos. Neste caso há uma questão de movimentação de material maior, pois o material ensacado deve ser levado até o pavimento da central misturadora portátil.

Por fim, o terceiro sistema é a central misturadora portátil, com abastecimento por bomba seca, onde é transportado a argamassa a granel. Neste caso, a central misturadora é instalada no andar onde será utilizada. A Figura 7, apresenta as diferenças entre os três sistemas de projeção, onde estão representados respectivamente por: 1 – Central Misturadora; 2 - Central Portátil com material ensacado; 3 – Central portátil com bomba de ar comprimido, disponibilizadas pela empresa ANVI (2020).

Figura 7 – Diferenças dos sistemas de projeção

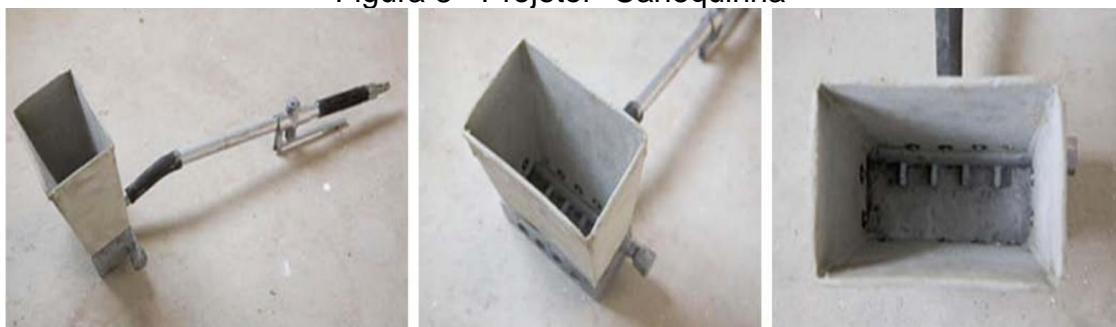


Fonte: ANVI (2020).

Vale ressaltar que Ceotto, Banduk e Nakakura (2005), garantem que para a aplicação da argamassa, por projeção, deverá ser especificado, além de dos itens principais, também o tipo e modelo de equipamento, capacidade, condições de operação e limpeza. Se tratando da central misturadora fixa, apresenta como principais vantagens a agilidade das atividades, independência de demais insumos da obra e a liberação de equipamentos de transporte verticais que podem ser úteis para a execução de outras atividades (NAKAKURA, 2017).

De acordo com Paravisi *et al.*, (2009), visto a dependência da mão de obra na qualidade e produtividade da aplicação manual do revestimento, em muitos casos nesse processo torna-se evidente os índices de perdas durante as obras e refletindo no prazo de execução. A mecanização, produção e aplicação das argamassas permitem o aumento nos valores de resistência de aderência em aproximadamente 50% em comparação com a aplicação manual, além de minimizar a variabilidade dos resultados finais obtidos (ANTUNES; JOHN, 2007; DUIABILE; CAVANI; OLIVEIRA, 2005; FERNANDES; JOHN, 2007). Em virtude disso e considerando a crescente exigência por inovações tecnológicas, algumas construtoras implementaram a caneca (Figura 8) como alternativa viável nas obras (CRESCENCIO, *et al.*, 2000; FERNANDES, 2010).

Figura 8 - Projetor "Canequinha"



Fonte: Cichinelli (2010).

2.5 DESEMPENHO DO REVESTIMENTO ARGAMASSADO

O uso da projeção de argamassa industrializada, por processo mecanizado permite um cobrimento mais uniforme quando comparado ao método convencional, devido à ausência da interferência humana na aplicação, e promove uma aderência contínua, evitando a formação de vazios. Este processo ocasiona em um revestimento homogêneo em toda a área aplicada (VIEIRA, 2012). De acordo com Recena (2011),

o uso do lançamento de argamassa se destaca por apresentar uma composição que garante qualidade e homogeneidade nas proporções dos insumos empregados. Desta forma, minimizando a possibilidade de ocorrência de defeitos e reduzindo as possíveis intervenções realizadas em obras principalmente em revestimento de alvenaria, que é onde ocorre com mais frequência. Ainda, Ruduit (2009) alerta acerca da importância da mão de obra no momento da aplicação, pois se o lançamento da argamassa sobre o substrato não tiver energia o suficiente, podem ocorrer falhas de contato na interface dos materiais.

De acordo com Lisboa (2017), as propriedades das argamassas que estão diretamente ligadas ao desempenho do sistema são: a variação dimensional, a capacidade de absorver deformações, a resistência mecânica, a trabalhabilidade, e a retenção de água. As boas condições dessas propriedades resultarão em uma aderência adequada do sistema de revestimento. No estado fresco, é a trabalhabilidade que permite uma melhor execução do revestimento, garantindo assim, um acabamento adequado e uma boa aderência. Além disso, a retenção de água é a capacidade da argamassa de manter-se com uma boa trabalhabilidade, essencial para bases cerâmicas, por ser um substrato que absorve bastante água.

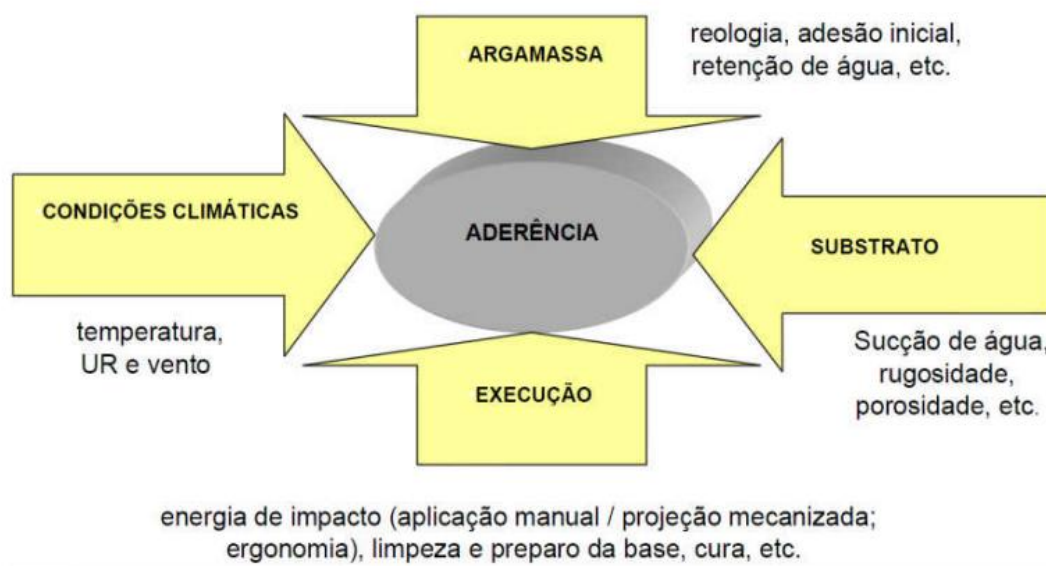
A norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013) que aborda o desempenho de edificações habitacionais, recomenda para sistemas de revestimentos de paredes um prazo de garantia de 2 anos, pisos e tetos internos e externos em argamassa para fissuras, além de três anos para estanqueidade de fachadas e cinco anos para a má aderência do revestimento.

2.5.1 Aderência

Segundo Scartezini *et al.* (2002), a aderência entre a base e o revestimento ocorre através do contato dos materiais aglomerantes, provocando a penetração deles nos poros e cavidades do substrato. A absorção de água pela base do revestimento é, frequentemente, a maior responsável por, após a aplicação da argamassa, ela perder água, ou seja, através do transporte de água da argamassa para o substrato poroso. De acordo com a porosidade ou com a maior ou menor absorção de água o efeito na aderência é inevitável (CARASEK *et al.*, 2005). A Figura 9, apresenta as influências de diversos fatores para as bases porosas apresentarem boa aderência,

tais como condições climáticas, modo de execução, características do substrato, além de propriedades da argamassa propriamente dita.

Figura 9 - Influência sobre bases porosas



Fonte: Carasek (2007).

Conforme afirma Bauer (2005), para um bom desempenho de um sistema de revestimento, a principal propriedade é aderência, que se dá pela ancoragem mecânica do revestimento com o substrato. Os limites de resistência de aderência à tração podem ser visualizados na Tabela 3. Os valores de resistência de aderência (R_a) estão em mega pascal (MPa).

Tabela 3 - Limites de resistência de aderência à tração (R_a)

Local		Acabamento	R_a
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,20$
		Cerâmica ou laminado	$\geq 0,30$
	Externa	Pintura ou base para reboco	$\geq 0,30$
		Cerâmica	$\geq 0,30$
Teto			$\geq 0,20$

Fonte: Autor, adaptado de ABNT NBR 13749 (2013).

De acordo com Carasek et. al (2007) é cada vez mais frequente o descolamento do revestimento aplicado sobre as estruturas de concreto armado protendido. Porém, os problemas de deslocamento não ocorriam essencialmente quando eram

aplicados os revestimentos sobre os blocos de concreto e sim a estrutura de concreto. Vale ressaltar que o uso de desmoldantes contribui para a superfície do concreto estrutural tornar-se lisa e com reduzida porosidade, assim causando um prejuízo na absorção capilar de forma a não permitir a ancoragem mecânica do revestimento no substrato (PRETTO et al., 2009).

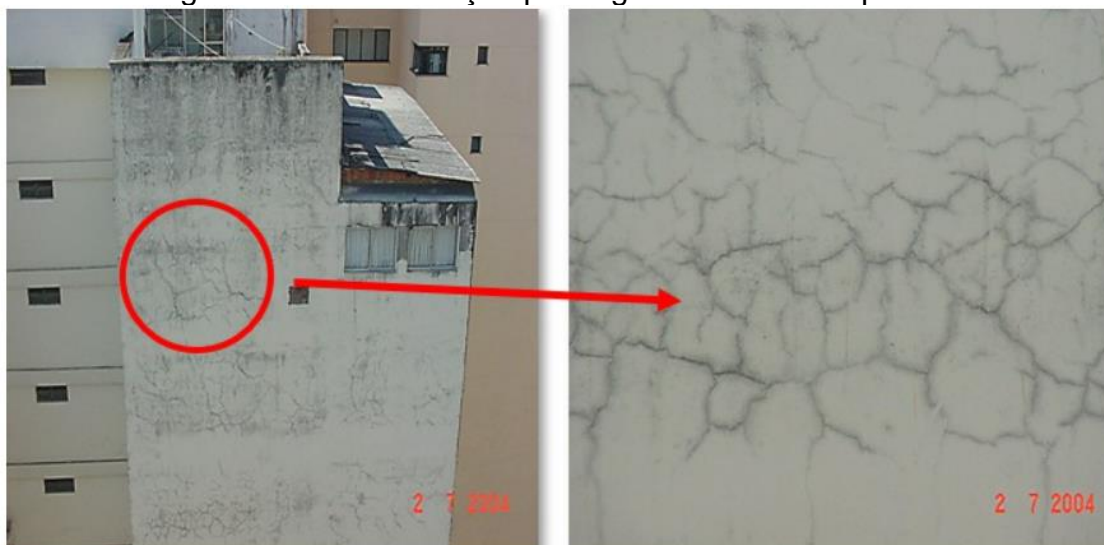
Tratando-se da aderência, é de extrema importância sua verificação para atender a norma, pois o deslocamento do revestimento pode ocasionar, além de falhas estéticas e de funcionalidade, em acidentes graves, principalmente se ocorrerem em fachadas externas (FERNANDES, 2007). Sabendo da relação estreita da aderência com a porosidade do material, Costa (2011) agrega que a porosidade do substrato é variável, dependendo do material e do processo de fabricação, mostrando a diferente distribuição dos poros para um mesmo material. Estas propriedades regem a capacidade de sucção capilar do substrato, levando em conta o tamanho, forma e distribuição dos poros no interior deles.

2.5.2 Fissuração

De acordo com Carazek (2010), as propriedades da argamassa com capacidade de absorver deformações e baixa retração servem para evitar a fissuração. No entanto, em estudo de caso prático realizado em 9 obras em Brasília de 6 construtoras diferentes, Carazek, Cascudo e Jucá (2005) constataram que a baixa aderência entre chapisco e substrato ocasionaram descolamento e a elevada retração da argamassa de revestimento levaram à fissuração. Além disso, outro fator levantado pelo estudo foi que os motivos foram os altos teores de cimento na argamassa e também as condições climáticas de alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e os fortes ventos de Brasília.

Segundo Corsini (2010), as fissuras formadas pela retração das argamassas são também chamadas de fissuras mapeadas (Figura 10) pois as fissuras possuem formato mapa e frequentemente são aberturas superficiais. Suas causas são o excesso de finos no traço ou por excesso de desempenamento. Aliado a isto, Cincotto (1984 *apud* LORDSLEEM JR., 1997), ao estudar e realizar recuperação em revestimentos argamassados, concluiu que quando ocorrem fissurações com origem no revestimento, possui tendência de ocorrer em forma de mapa, fissurando toda a camada do revestimento, tanto na fase plástica quando na endurecida.

Figura 10 – Manifestação patológica: Fissuras mapeadas

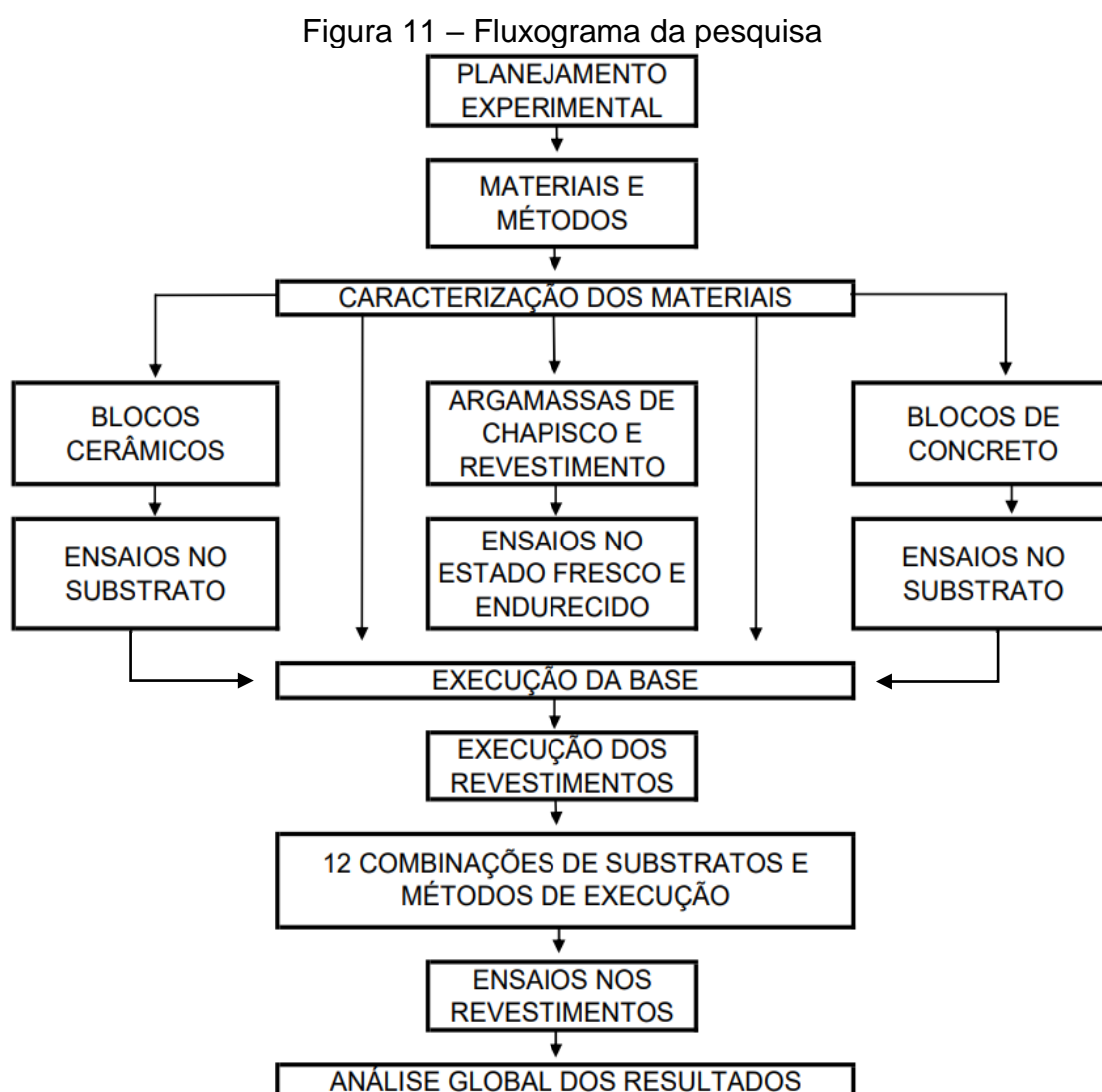


Fonte: Sahade (2004).

Ainda, Corsini (2010) alerta a respeito dos riscos das fissuras que são o primeiro estágio para uma possível manifestação patológica mais grave. Bauer (2005) comenta que maiores aderências têm maior módulo de elasticidade, podendo ter maiores deformações providas de movimentações termo higroscópicas e estruturais, potencializando a fissuração. Conforme Medeiros; Sabbatini (1994 *apud* LORDSLEEM JR, 1997) existem fatores relevantes que interferem na fissuração dos revestimentos nas primeiras idades, tais como teor e natureza dos aglomerantes, teor e natureza dos agregados, absorção de água pela base e técnica de execução.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo está apresentado os materiais utilizados para o desenvolvimento da pesquisa, além das metodologias empregadas para tal. As características do substrato foram realizadas, tanto cerâmico quanto de concreto. A preparação da base por chapisco das formas manual, semi-manual e projetado. Além, é claro, do revestimento final, sendo analisado o manual e o mecanizado. Também estão presentes aqui os ensaios referentes ao estudo das propriedades da argamassa em estado fresco e endurecido. Os tempos de cura respeitados no experimento foram de 14 dias para a alvenaria, 3 dias para o chapisco e 28 dias para os revestimentos receberem os ensaios de resistência de aderência à tração e fissuração. O fluxograma da pesquisa, poderá ser observado através da Figura 11.



Fonte: Autor (2022).

3.1 DIRETRIZES DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Dividido em duas etapas, o programa experimental foi iniciado com os ensaios de caracterização dos materiais utilizados na pesquisa e montagem das paredes para a aplicação do sistema de revestimentos. A Tabela 4 ilustra o planejamento de ensaios da pesquisa.

Tabela 4 – Planejamento de Ensaios

ENSAIOS		MÉTODOS
BLOCO CERÂMICO	Características Geométricas	NBR15270-2 (ABNT, 2017)
	Índice de Absorção de Água	
BLOCO DE CONCRETO	Características Geométricas	NBR 12118 (ABNT, 2013)
	Índice de Absorção de Água	
ARGAMASSA DE CHAPISCO E DE REVESTIMENTO	Índice de 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 compressão e Resistência à tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005)
	Densidade de massa no estado endurecido	NBR 13280 (ABNT, 2005)
	Absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005)
REVESTIMENTO ARGAMASSADO	Acompanhamento de quantidade e comprimento de fissuras	Método Silva e Bauer (2008)
	Resistência de aderência à tração	NBR 13528 (ABNT, 2019)

Fonte: Autor (2022).

Em relação aos substratos, foram utilizados os blocos cerâmicos e blocos de concreto, ambos assentados manualmente, com o mesmo tipo de argamassa dosada

em central que é a mesma utilizada para o revestimento, e o chapisco foi do tipo convencional, aplicados manualmente, semi-manual e projetado. A execução do revestimento foi dividida em duas partes, uma executada manualmente e a outra executada com projeção. Para tal, é empregada uma argamassa estabilizada de 36 horas dosada em central e utilizada instantes após a chegada em obra. Posteriormente foram realizados os ensaios no revestimento.

No que diz respeito ao ensaio de aderência à tração em revestimentos argamassados que foi executado aos 28 dias, de acordo com as orientações da NBR 13528 (ABNT, 2010), em doze testemunhos, para cada sistema de revestimento empregado nesta pesquisa. A intensidade de fissuração foi monitorada ao longo dos 28 dias de cura e classificada utilizando os métodos adotados por Silva e Bauer (2009). Onde a intensidade de fissuração é definida como sendo a soma dos comprimentos de fissuras em todas as direções ocorridas dividido pela área do painel, sendo este índice expresso em m/m^2 . Os autores classificaram a intensidade de fissuração da seguinte forma:

- Alta: Intensidade de fissuração $\geq 0,90 m/m^2$;
- Média: $0,30 m/m^2 < \text{Intensidade de fissuração} < 0,90 m/m^2$;
- Baixa: Intensidade de fissuração $\leq 0,30 m/m^2$

3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Destaca-se nos itens abaixo os materiais que foram utilizados no decorrer da pesquisa, ainda sua caracterização e especificações de fabricante com o intuito de avaliar o desempenho dos materiais em suas diversas utilizações.

3.2.1 Bloco Cerâmico

Os blocos cerâmicos utilizados, são do tipo blocos de vedação light com dimensões 14x19x29 cm (LxHxC) e resistência característica de 1,5 MPa fornecidos pela empresa Pauluzzi Produtos Cerâmicos Ltda (Figura 12).

Figura 12 - Bloco Cerâmico



Fonte: Autor (2022).

A empresa em seu catálogo não disponibiliza o relatório de ensaio técnico de caracterização geométrica para o bloco utilizado. Desta forma, realizaram-se os ensaios de caracterização na escolha das amostras, sua homogeneidade, cuidados com manuseio e verificação do lote. Os ensaios de caracterização seguiram os parâmetros estabelecidos pela NBR 15270-2 (ABNT, 2017). O Quadro 1 apresenta os ensaios executados e a quantidade de repetições referentes à tais ensaios, ainda constam os resultados das médias de cada um dos itens, obtidos para o ensaio de caracterização do material, podendo identificar que o bloco se enquadra nos critérios de absorção de água estando dentro dos limites admissíveis de acordo com a referida normativa. Os cálculos e valores encontrados, bem como o ensaio de características geométricas podem ser visualizados no Apêndice A.

Quadro 1 - Ensaios em Blocos Cerâmicos

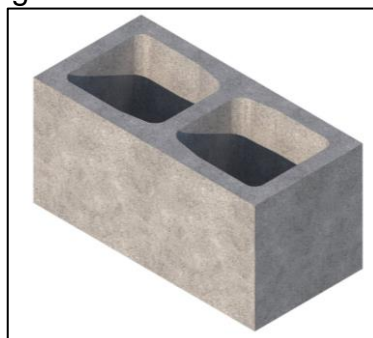
Ensaio	Norma	Nº de repetições	Resultados Obtidos
Características geométricas	NBR 15270-2 (ABNT, 2017)	13	Apêndice A
Massa seca (g)			5105,13
Massa úmida (g)			5661,39
Índice de absorção de água total (%)			10,85
Índice de absorção de água inicial ((g/194 ²) /min)			17,21

Fonte: Autor (2022).

3.2.2 Bloco De Concreto

Para a montagem do substrato de concreto foi empregado blocos de concreto estrutural de Classe A da empresa Artefatos de Concreto Fiorotto (Figura 13), sendo que o bloco inteiro apresenta dimensões de 14x19x39 cm (LxHxC) e 2 furos na vertical.

Figura 13 - Bloco de concreto



Fonte: Fiorotto (2022).

A empresa em seu catálogo disponibiliza o relatório de ensaio técnico realizado na Universidade de Caxias do Sul - LBTEC para o bloco analisado. Buscando-se uma maior confiabilidade nos resultados dos ensaios, foram considerados na escolha das amostras, sua homogeneidade, cuidados com manuseio e verificação do lote. Os ensaios de caracterização seguiram os parâmetros estabelecidos pela NBR 12118 (ABNT, 2013). No Quadro 2 estão apresentados os resultados dos ensaios realizados.

Quadro 2 – Ensaio em Blocos de Concreto

Ensaio	Norma	Nº de repetições	Resultados Obtidos
Características geométricas	NBR 12118 (ABNT, 2017)	13	Apêndice A
Massa seca (g)			1380,32
Massa úmida (g)			12382,64
Índice de absorção de água total (%)			7,58
Índice de absorção de água inicial ((g/cm ²) /min)			0,26

Fonte: Autor (2022).

3.2.3 Argamassa de Chapisco

Com o intuito de regularizar a base e fornecer melhores condições de ancoragem, foi empregada a argamassa de chapisco do tipo convencional, dosada em obra. O Quadro 3 apresenta as características e quantidades dos materiais utilizados para a obtenção da argamassa. O aglomerante utilizado foi o cimento Votorantim CP IV – 32.

Quadro 3 - Traço da Argamassa de Chapisco

Material	Quantidade (kg)
Cimento CP IV	1,00
Areia Natural Média	3,00
Água Potável	0,75

Fonte: Autor (2022).

Para a argamassa de chapisco, foram realizados ensaios para o estado fresco, como estado endurecido. O Quadro 4 apresenta os ensaios realizados na argamassa de chapisco e seus respectivos resultados. Vale ressaltar que todos os ensaios realizados, tanto em estado fresco como em estado endurecido, foram realizados no laboratório de materiais da Universidade de Caxias do Sul- CARVI, Bento Gonçalves.

Quadro 4 - Ensaio na Argamassa de Chapisco

(continua)

Ensaio	Métodos	Estado	Resultados
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT, 2016)	Fresco	312 mm
Densidade de massa	NBR 13278 (ABNT, 2005)	Fresco	1551,84 kg/m ³
Teor de ar incorporado	NBR 13278 (ABNT, 2005)	Fresco	10%
Densidade de massa aparente	NBR 13280 (ABNT, 2005)	Endurecido	1895,1 kg/m ³

(conclusão)

Resistência à tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Endurecido	3,00 MPa
Resistência à compressão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Endurecido	9,825 MPa
Absorção de água por capilaridade - 10 min	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	0,44 g/cm ³
Absorção de água por capilaridade - 90 min	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	1,20 g/cm ³
Coefficiente de capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	12,11 g/dm ² .min ^{1/2}
Absorção de água Total	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	15,8%
Índice de vazios	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	29%
Massa específica	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	2,55 g/cm ³

Fonte: Autor (2022).

Seguindo em concordância com a NBR 13281 (ABNT, 2005), os resultados encontrados estão enquadrados nas classes: D3 para densidade de massa no estado fresco, M5 para densidade de massa aparente no estado endurecido, R4 para resistência à tração na flexão, P6 para resistência à compressão, C6 para coeficiente de capilaridade. Desta forma, a argamassa está apta para ser utilizada pois atendeu aos requisitos da norma nos ensaios de caracterização tanto no estado fresco, quanto no estado endurecido na argamassa de chapisco descritos na NBR 13281 (ABNT, 2005).

3.2.4 Argamassa de Revestimento e Assentamento

A argamassa de revestimento e assentamento utilizada na pesquisa foi do tipo usinada estabilizada por 36 horas, utilizada instantaneamente após sua chegada em obra, proveniente de uma empresa com sede em Santa Maria -RS especializada em argamassas e concretos. A argamassa de revestimento também foi utilizada para assentamento dos blocos e é composta por aglomerantes, agregados miúdos, água e aditivos. O traço específico da argamassa utilizada no revestimento e assentamento,

com suas quantidades em massa e descrição do fornecedor está descrito no Quadro 5.

Quadro 5 - Materiais Componentes da Argamassa Estabilizada

Material	Marca/Tipo	Massa específica (kg/dm ³)	Consumo (kg)
Cimento CPIIZ Granel	Votorantim cimentos S.A.	3,09	224
Areia Fina	Guga Apollo	2,61	1101
Areia Industrial	Britamil – Mineração e Britagem LTDA	2,63	367
Água	-	-	200
Aditivo Incorporador de Ar	Builder	1,16	0,50
Aditivo Estabilizador	Builder	1	4,50
Totais			1897

Fonte: Autor, adaptado de Supertex – Soluções em Concreto (2022).

Os ensaios de caracterização com as referidas referências normativas e seus devidos resultados estão apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 - Ensaios na Argamassa de Revestimento e Assentamento
(continua)

Ensaios	Métodos	Estado	Resultados
Índice de consistência	NBR 13276 (ABNT, 2016)	Fresco	219 mm
Densidade de massa	NBR 13278 (ABNT, 2005)	Fresco	1787,63 kg/m ³
Teor de ar incorporado	NBR 13278 (ABNT, 2005)	Fresco	15%
Densidade de massa aparente	NBR 13280 (ABNT, 2005)	Endurecido	1730,4 kg/m ³

(conclusão)

Resistência à tração na flexão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Endurecido	2,073 MPa
Resistência à compressão	NBR 13279 (ABNT, 2005)	Endurecido	3,56 MPa
Absorção de água por capilaridade - 10 min	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	0,24 g/cm ³
Absorção de água por capilaridade - 90 min	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	0,53 g/cm ³
Coefficiente de capilaridade	NBR 15259 (ABNT, 2005)	Endurecido	4,68 g/dm ² .min ^{1/2}
Absorção de água total	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	10,7%
Índice de vazios	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	18%
Massa específica	NBR 9778 (ABNT, 2009)	Endurecido	2,09 g/cm ³

Fonte: Autor (2022).

Os resultados obtidos tanto no estado fresco, como no estado endurecido da argamassa usinada, atendem os requisitos estabelecidos pelos métodos de ensaio segundo a NBR 13281 (ABNT, 2005), fazendo parte das classes: D4 para densidade de massa no estado fresco, M4 para densidade de massa aparente no estado endurecido, R3 para resistência à tração na flexão, P3 para resistência à compressão, C4 para coeficiente de capilaridade. Finalmente, a argamassa usinada atende os requisitos normativos descritos na NBR 13281 (ABNT, 2005), podendo utilizá-la com a finalidade de assentamento e revestimento.

3.2.5 Água

A água que será utilizada para a realização dos ensaios e métodos desta pesquisa é proveniente da concessionária CORSAN, localizada em Bento Gonçalves.

3.3 MÉTODOS EXECUTIVOS EMPREGADOS

As paredes foram executadas na posição vertical em relação ao piso. No total foram executadas 6 paredes, sendo 3 em blocos cerâmicos e 3 em blocos de concreto. Importante ressaltar que ambas as faces de cada parede foram analisadas, ou seja, 12 faces de paredes no total, sendo assim 12 sistemas de revestimentos de argamassa foram alvos deste estudo (Figura 14).

Figura 14 - Disposição das paredes analisadas



Fonte: Autor (2022)

Nos dois tipos de substratos foi empregado o chapisco convencional, produzido em obra (de traço 1:3, em massa). Sendo aplicado as três formas de chapiscos em cada uma das paredes, e no revestimento a argamassa utilizada é do tipo estabilizada por 36 horas, a qual foi aplicada instantaneamente a partir da sua chegada em obra, tanto na forma de revestimento manual quanto na mecanizada.

As paredes e seus devidos revestimentos foram executadas em obra por profissionais habilitados. Os tempos de cura, tanto da alvenaria, como chapisco e revestimento foram respeitados em ambiente interno, protegidas de intempéries em um local arejado com pouca circulação de pessoas. Após os 28 dias de cura natural, as paredes foram removidas com o auxílio de pallets e posteriormente transportadas com o uso de um caminhão Munck ao laboratório da UCS-CARVI e realizados os ensaios.

A Tabela 5 apresenta as combinações dos sistemas de revestimento, empregados nesta pesquisa, tendo em vista o tipo de substrato, e a forma de aplicação das argamassas.

Tabela 5 - Combinações de Métodos Aplicados

Nº da face de parede	Substrato	Método de Aplicação	
		Argamassa de Chapisco	Argamassa de Revestimento
1	Cerâmico	Manual	Manual
2	Cerâmico	Manual	Mecanizado
3	Cerâmico	Semi-Manual	Manual
4	Cerâmico	Semi-Manual	Mecanizado
5	Cerâmico	Mecanizado	Manual
6	Cerâmico	Mecanizado	Mecanizado
7	Concreto	Manual	Manual
8	Concreto	Manual	Mecanizado
9	Concreto	Semi-Manual	Manual
10	Concreto	Semi-Manual	Mecanizado
11	Concreto	Mecanizado	Manual
12	Concreto	Mecanizado	Mecanizado

Fonte: Autor (2022).

3.3.1 Execução da Base

Para a aplicação do sistema de revestimentos, a base de aplicação dividiu-se em substrato cerâmico e de concreto, respeitando o tempo de cura da alvenaria de 3 dias, em local arejado à temperatura ambiente. No caso de base cerâmica, foi executada uma parede de 59 cm de altura por 59 de largura, visto que foram utilizados blocos de vedação 19x19x29 cm. Já para base de concreto resultou em uma parede de 79 cm de comprimento e 79 cm de altura, composta por blocos de concreto de 14x19x39 cm, com furação vertical. As juntas de assentamento foram executadas com a mesma argamassa usinada estabilizada utilizada para o revestimento, tendo

espessura de 10 mm, sendo 2 mm de tolerância. No total foram executadas três paredes de bloco cerâmico e três paredes de bloco de concreto (Figura 15).

Figura 15 – Paredes de Blocos de Concreto



Fonte: Autor (2022)

3.3.2 Execução do Chapisco

Após sete dias da execução da base, em ambos os substratos, foi aplicada uma camada de chapisco convencional, utilizando a argamassa convencional elaborada em obra no traço 1:3 (em massa) obtida em betoneira, em três métodos diferentes de aplicação. No primeiro com o chapisco lançado manual, outro com um chapisco lançado de maneira semi-manual e outro com o chapisco projetado. Todos eles com uma espessura de 5 mm.

Para a análise do chapisco lançado de maneira semi-manual foi utilizado o aplicador manual de chapisco da marca Paraboni (Figura 16). O aplicador de chapisco foi escolhido para ser analisado pela facilidade de encontrá-lo no mercado e em virtude da falta de pesquisas sobre este método de aplicação.

Foi utilizado tanto para o chapisco, como também para o revestimento final, a central portátil com projetora de ar comprimido, que é composta pelo conjunto: compressor de ar (Figura 17) da marca Ar Pressure Super Ar de 175 psi, mangueira e caneca-pistola. O método de execução do chapisco consiste em armazenar a argamassa de chapisco ou revestimento na caneca e projetá-la através da pistola

(Figura 18). O acionamento é feito por meio de um compressor de ar trifásico ou monofásico.

Figura 16 - Aplicador de chapisco Semi-Manual



Fonte: Paraboni (2022).

Figura 17 - Conjunto Compressor de Ar - Caneca



Fonte: Engemaqui (2022).

Figura 18 - Aplicação de chapisco mecanizado

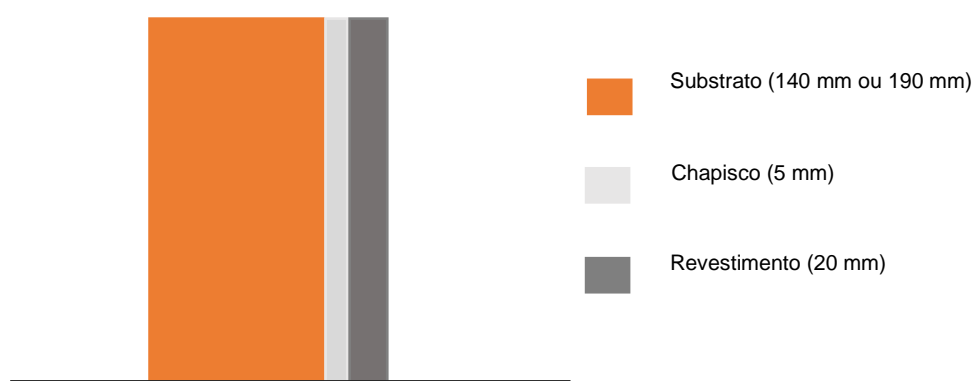


Fonte: Autor (2022)

3.3.3 Execução do Revestimento Final

Passando-se sete dias após a aplicação do chapisco, foi aplicada uma camada única de revestimento argamassado, com espessura de 20 mm. Foram executados revestimentos com dois métodos diferentes, projetado por compressor de ar (Figura 16) e aplicado manualmente. As camadas de revestimento do conjunto como um todo foram ilustradas na Figura 19.

Figura 19 - Espessuras das camadas de revestimento



Fonte: Autor (2022).

Após a aplicação do revestimento, as paredes foram acondicionadas em um ambiente arejado, sob condições de temperatura ambiente até respeitar o tempo de cura natural do revestimento de 28 dias.

3.4 ENSAIOS REALIZADOS NOS SISTEMAS DE REVESTIMENTO

Nos itens que seguem, estão apresentados os ensaios nos diferentes sistemas de revestimento empregados nesta pesquisa.

3.4.1 Revestimento – Acompanhamento de fissuração

Através do método de Silva e Bauer (2008), acompanhou-se a evolução da quantidade de fissuras nos revestimentos argamassados. Sendo realizada de sete em sete dias até a idade de cura equivalente a 28 dias para cada um dos 12 sistemas de revestimento utilizados nesta pesquisa. Assim, verificou-se a ausência de fissuras no

sistema de revestimento argamassado até os 28 dias. Cabe salientar que o método está especificado no item 3.1.

3.4.2 Resistência de aderência à tração

O ensaio de resistência de aderência à tração realizado em cada um dos sistemas de revestimento argamassado, executado conforme as especificações da NBR 13528 (ABNT, 2019). Com 28 dias de cura a partir da aplicação da argamassa ao substrato os revestimentos foram executados. Para a realização dos ensaios, os revestimentos receberam 12 cortes circulares em cada um dos sistemas de revestimentos distribuídos de forma aleatória, totalizando 144 testemunhos nesta pesquisa. Os furos foram executados com furadeira com serra-copo e atingiram o substrato das paredes, sendo a distribuição dos mesmos realizada de maneira aleatória (Figura 20).

Figura 20 - Disposição dos furos



Fonte: Autor (2022)

Depois deste procedimento de furação, com o auxílio de um pincel, retirou-se resíduos de pó gerados pelo mesmo, com o intuito de garantir uma melhor aderência da cola com o revestimento. Após, as pastilhas foram coladas devidamente sobre os furos para que pudessem ser arrancadas utilizando o equipamento aderímetro (Figura 21). Com o uso deste equipamento tornou-se possível observar a carga de ruptura necessária para arrancar o testemunho. Simultaneamente ao processo de anotação de dados, também foi analisado o tipo de ruptura (Figura 22), conforme a NBR 13528

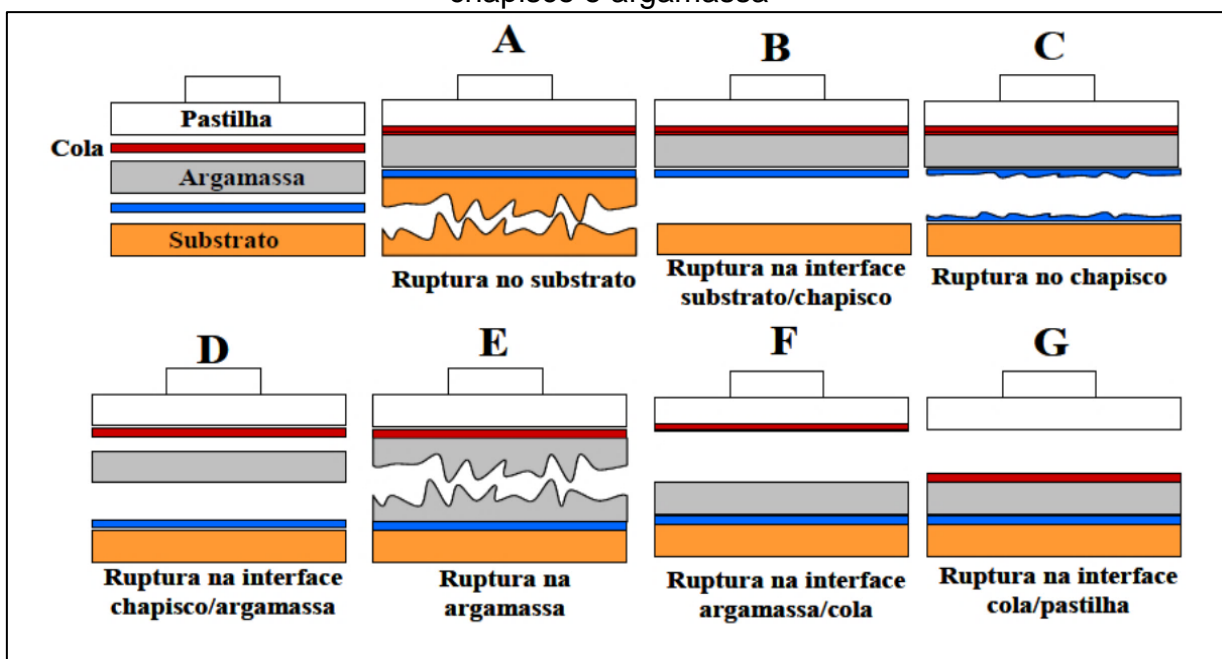
(ABNT, 2019) de cada um dos testemunhos. Após a anotação dos valores de força, dividiu-se pela área circular de cada pastilha para que fossem obtidos os valores em MPa e assim analisados.

Figura 21 - Disposição dos testemunhos no momento do arrancamento



Fonte: Autor (2022)

Figura 22 - Tipos de ruptura de sistemas de revestimento compostos por substrato, chapisco e argamassa



Fonte: Adaptado de NBR 13528 (ABNT, 2019)

3.4.3 Análise e tratamento dos dados

Foram realizadas análises no laboratório de materiais da Universidade de Caxias do Sul campus CARVI. Para o tratamento dos dados obtidos com os ensaios de resistência de aderência à tração, entre os diferentes sistemas de revestimentos, foi utilizado o *software* editor de planilhas Excel. Com os dados foi realizada uma análise estatística de variância (ANOVA), com o nível de significância de 95%, utilizando como auxílio o editor de planilhas Excel.

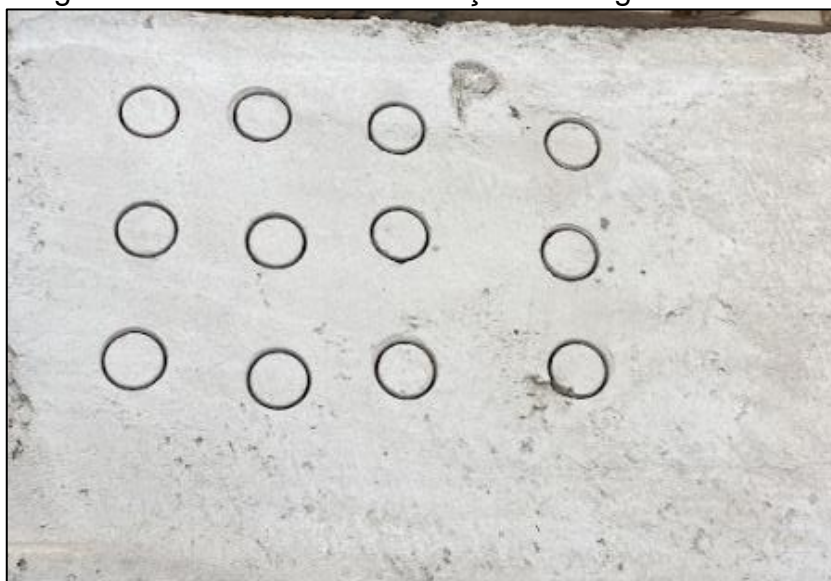
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, estão dispostos os resultados dos ensaios realizados nos diferentes sistemas de revestimento empregados nesta pesquisa.

4.1 ACOMPANHAMENTO DE FISSURAÇÃO

Em relação ao acompanhamento de fissuração, nenhuma das paredes estudadas apresentou fissurações ao longo dos 28 dias demandados para o tempo de cura ideal da argamassa nos substratos alvos de estudo (Figura 23), apresentando assim uma interação adequada entre substrato e base.

Figura 23 - Paredes sem fissuração ao longo dos 28 dias



Fonte: Autor (2022)

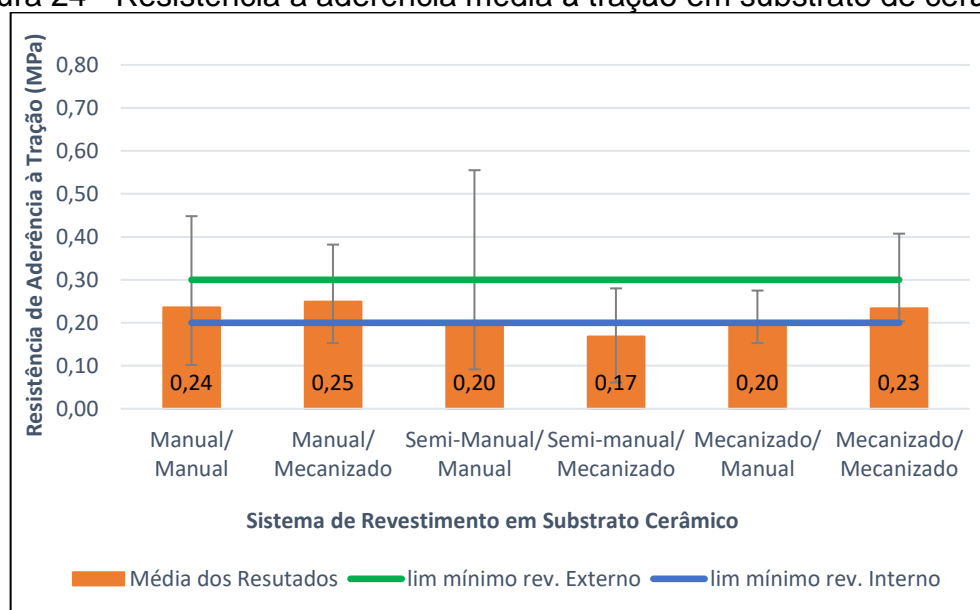
4.2 RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO

Neste item, apresenta-se os resultados dos seis sistemas de revestimento com substrato cerâmico e depois os mesmos com substrato de concreto, por fim é apresentado uma avaliação global acerca de todos os sistemas analisados.

4.2.1 Sistemas de Revestimento com Substrato Cerâmico

Em relação aos sistemas de revestimento com substrato cerâmico, o ensaio da resistência a aderência à tração demonstrou resultados diferentes dependendo do sistema de revestimento utilizado neste substrato. Segundo a NBR 13749 (ABNT, 2013), os limites mínimos de resistência para ambientes internos são de 0,20 MPa e para ambientes externos 0,30 MPa, limites estes que estão representados pelas linhas verde e azul na Figura 24.

Figura 24 - Resistência a aderência média à tração em substrato de cerâmica



Fonte: Autor (2022)

Nota-se que nenhum dos sistemas poderia ser utilizado em condições de revestimento externo neste substrato, porém, se tratando de revestimento interno, quase todos os sistemas poderiam ser utilizados, exceto o sistema de chapisco por método semi-manual e revestimento por método mecanizado pois este não atingiu o valor de tensão média mínimo exigido pela NBR 13749 (ABNT, 2013).

Ressalta-se que entre o sistema de revestimento de maior tensão. O de chapisco manual com revestimento mecanizado e o menor (de chapisco semi-manual e revestimento mecanizado) há uma diferença de 0,8 MPa, ou 47%. Outro fator interessante a se destacar é que os sistemas mecanizados diminuem a variabilidade. Também, ressalta-se que no único sistema que não se enquadra na tensão mínima da norma não se faz presente o método manual, tanto na argamassa de chapisco, como na argamassa de revestimento.

Ademais, se tratando das linhas de dispersão presentes na Figura 24, ao observar os valores máximo e mínimos presentes no ensaio e compará-lo com a resistência média encontrada, o sistema representado pelo método de chapisco semi-manual e o método de argamassa de revestimento manual apresenta uma variação de 61%, representando uma confiabilidade baixa no valor médio encontrado. Todavia, os resultados obtidos nos outros sistemas deste substrato apresentam variação menor, garantindo consistência e uma melhor confiabilidade nos valores encontrados. Outro ponto a se destacar neste sentido, nenhum dos testemunhos apresentou o seu valor zerado na pesquisa.

A respeito da alta dispersão dos resultados, de acordo com Carasek (2005), quando de 10% a 35% é considerada normal pois ela é dependente dos materiais, mão de obra e intrínseco da propriedade. A respeito da ciência dos materiais, a cerâmica se enquadra como material frágil e neste substrato podem aparecer alta dispersão dos resultados de ruptura, além do que a resistência à fratura é dependente de um defeito qualquer que possa iniciar uma fissura (CARASEK, 2005).

A Tabela 6 apresenta a análise de variância entre os valores de resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos de argamassas aplicados ao substrato de cerâmica vermelha.

Tabela 6 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados no substrato cerâmico

Fonte	GDL	SQ	MQ	F	F crítico	Valor de P	Efeito significativo
Substrato cerâmico	5	0,0845	0,0169	2,1575	2,3538	0,0694	NS
Erro	66	0,5179	0,0078				

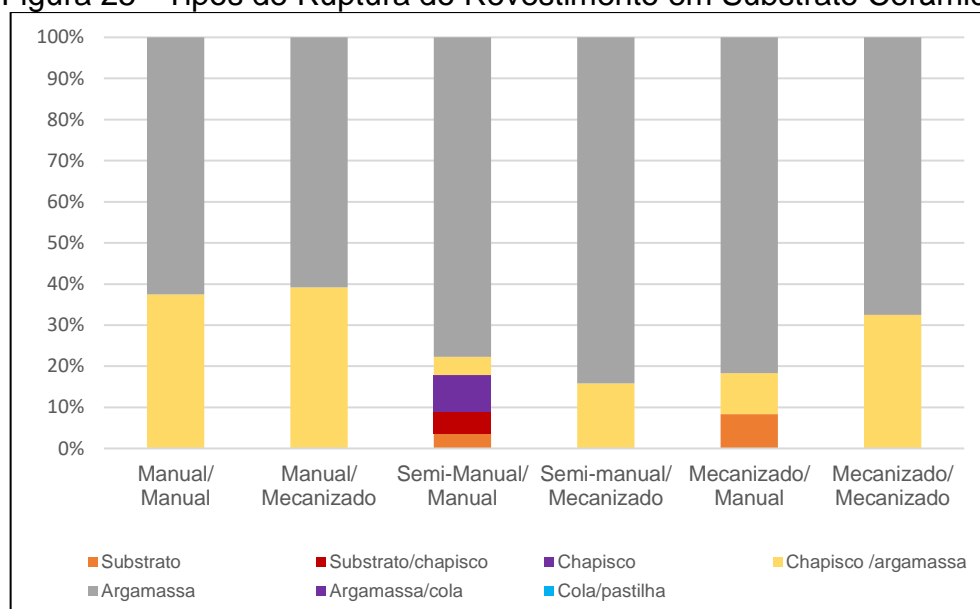
Onde: GDL = grau de liberdade; SQ = soma quadrada; MQ = média quadrada.

O resultado de análise de variância apresentou, para um nível de confiança de 95%, efeito não significativo (valor de 'p' superior a 0,05), ou seja, não há diferença para os sistemas de revestimento aplicado ao substrato cerâmico, demonstrando que não é possível identificar mudança através da forma de aplicação. Ainda assim, o resultado de P encontrado de 0,0694 ficou muito próximo ao limite de 0,05 sugerindo uma análise mais ampla em relação a interferência da forma de aplicação.

Em relação as formas onde ocorreram as rupturas dos sistemas neste substrato, podemos observar (Figura 25) que apenas o sistema de chapisco por

método semi-manual e argamassa de revestimento por método manual apresentou rupturas na interface do substrato-argamassa de chapisco e na camada de chapisco. Em dois sistemas de argamassa de revestimento por método manual, com chapisco por método mecanizado e chapisco por método semi-manual, apresentaram rupturas no substrato cerâmico. Por outro lado, todos os sistemas apresentaram tanto rupturas na interface do chapisco/argamassa como também e em maior parte (72%) ruptura na própria argamassa de revestimento. Em sua pesquisa, Gasperin (2011) definiu como a perfeita função exercida pelo chapisco como substrato, quando as rupturas ocorreram em sua maioria na argamassa ou na interface argamassa-substrato, corroborando ao encontrado nesta pesquisa.

Figura 25 - Tipos de Ruptura do Revestimento em Substrato Cerâmico



Fonte: Autor (2022)

Além do mais, se tratando das formas de ruptura, notou-se uma tendência de ruptura na interface chapisco-argamassa de revestimento em todos os sistemas de argamassa de revestimento por método mecanizado e no sistema completamente manual, o que aponta uma concordância com os sistemas que obtiveram melhores resultados quanto à resistência de aderência à tração.

Os percentuais de ocorrência encontrados nos seis sistemas de revestimento com substrato cerâmico, 72% na argamassa de revestimento, 24% na camada chapisco-argamassa, 1% no chapisco, este que apresentou o maior valor de tensão dentre todos os testemunhos extraídos do sistema com substrato cerâmico, de 0,56

MPa (Figura 26). Ainda apareceram os resultados de ruptura de 1% na interface substrato-chapisco e 2% no substrato. Por fim, em nenhum dos sistemas analisados neste substrato, foi encontrado ruptura na cola ou na interface da argamassa/cola (Figura 27).

Figura 26 - Testemunho Apresentando Ruptura Tipo C (Na interface do Chapisco)



Fonte: Autor (2022)

Figura 27 - Perfil de ruptura global de sistemas em substrato cerâmico



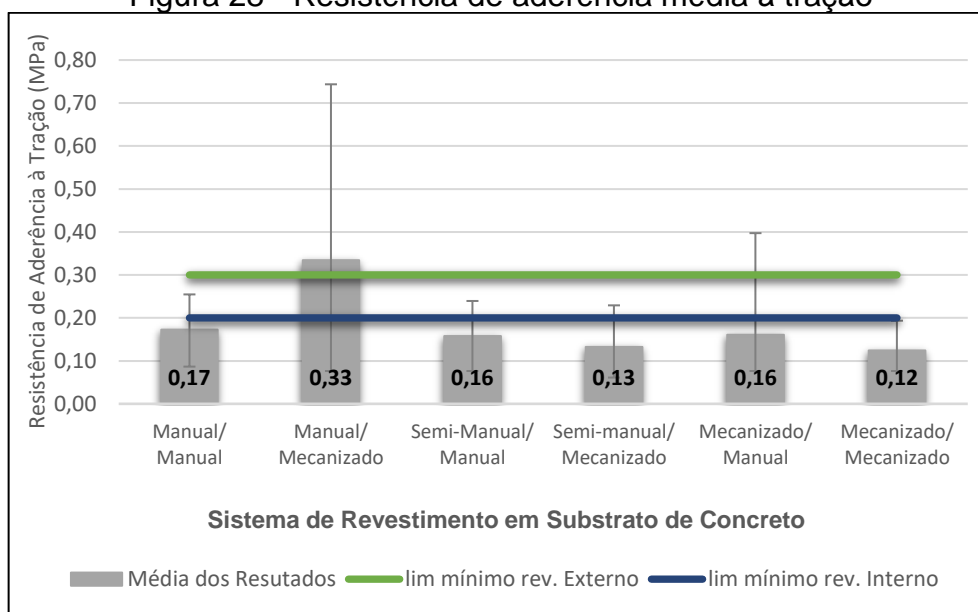
Fonte: Autor (2022)

4.2.2 Sistemas de Revestimento com Substrato de Concreto

Para os sistemas de revestimento em substrato de concreto, o comportamento da resistência a aderência média à tração diferiu em relação ao que foi encontrado nos sistemas de substrato cerâmicos. A Figura 28 apresenta os valores da resistência

resultantes do ensaio de aderência dos sistemas de revestimento em substrato de concreto. Os valores mínimos aceitos de aderência do revestimento, conforme NBR 13749 (ABNT, 2013), sendo que para os ambientes internos e externos são de 0,20 MPa e 0,30 MPa, representados nas linhas azul e verde, respectivamente.

Figura 28 - Resistência de aderência média à tração



Fonte: Autor (2022)

A partir dos resultados obtidos, podemos inferir que somente um dos sistemas de revestimento apresentou uma boa resistência de aderência. Sendo este sistema composto por chapisco por método manual e argamassa de revestimento por método mecanizado, atende ao critério de desempenho da normativa, tanto para revestimento interno, quanto externo. Todavia, os outros sistemas alvos da pesquisa apresentaram valores de tensão extremamente baixos, não chegando nem à metade deste que apresentou o sistema mais eficiente.

Santos (2008) em seu estudo, reforça o cuidado que deve ser tomado com o uso de água na umidificação do substrato de concreto, antes da aplicação do chapisco, visto que o excesso de água pode gerar problemas, impossibilitando a aderência. Sendo assim, pelo fato de a umidificação da superfície ter sido realizada instantes antes da aplicação do chapisco, não se deve excluir a hipótese de que as paredes onde iniciaram-se o processo estivessem com os poros cheios d'água no momento da aplicação, o que reduziria a aderência da argamassa do chapisco no

bloco de concreto, resultando na variabilidade de valores como as encontradas neste item.

Ainda, o resultado encontrado neste ensaio indica de maneira geral maiores valores quando utilizado o chapisco por método manual, quando comparado aos chapiscos por método semi-manual e mecanizados. Em relação à argamassa de revestimento, apesar do alto índice nas argamassas de revestimento projetada por método mecanizado, aqueles onde houve argamassa de revestimento por método manual também apontaram resultados mais próximos ao limite mínimo da norma. Vale ressaltar que por não terem atingido os 0,20 MPa necessários, em hipótese alguma os revestimentos apontados poderiam ser utilizados em ambientes internos, muito menos em externos.

Finalmente, se tratando das linhas de dispersão presentes na Figura 28, é notório que os valores de máximo e mínimo para o sistema com os melhores resultados apresenta uma variação muito grande (>100%) quando comparado seu máximo com a média dos 12 testemunhos avaliados, esta variabilidade demonstra que o resultado obtido não apresenta consistência. Ressalta-se também com a análise das linhas de dispersão, que nenhum dos testemunhos apresentou o seu valor zerado na pesquisa.

A Tabela 7 apresenta a análise de variância entre os valores de resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos de argamassas aplicados ao substrato de blocos de concreto.

Tabela 7 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados no substrato de bloco de concreto

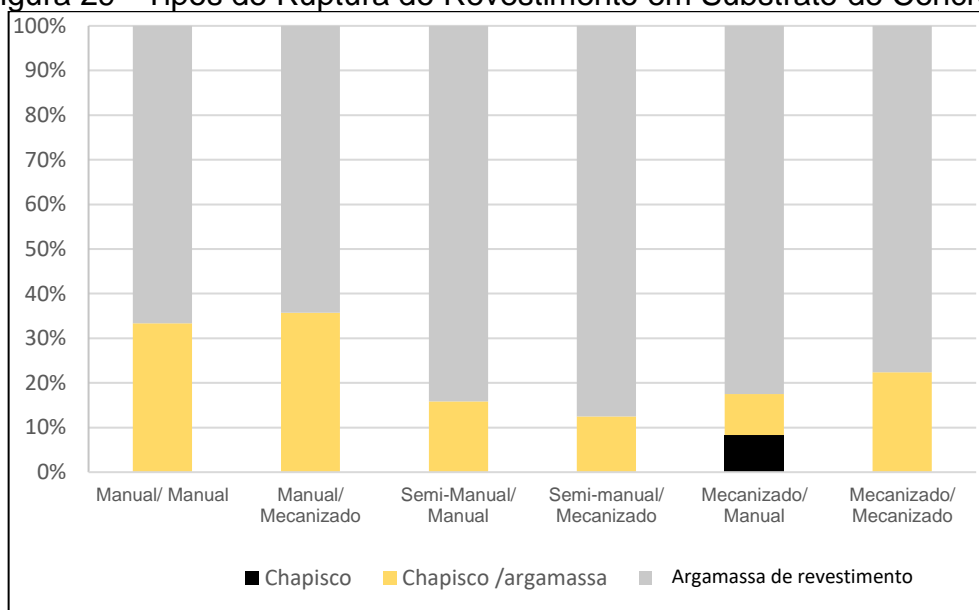
Fonte	GDL	SQ	MQ	F	F crítico	Valor de P	Efeito significativo
Substrato bloco de concreto	5	0,3155	0,0631	6,5083	2,3538	0,00005	S
Erro	66	0,6400	0,0097				

Onde: GDL = grau de liberdade; SQ = soma quadrada; MQ = média quadrada.

O resultado de análise de variância apresentou, para um nível de confiança de 95%, efeito significativo (valor de 'p' inferior a 0,05), ou seja, há diferença para os sistemas de revestimento aplicado ao substrato de bloco de concreto, demonstrando que houve influência da forma de aplicação.

Tratando-se dos tipos de ruptura encontrados nos sistemas de revestimento em substrato de concreto, a partir da Figura 29 é possível visualizar além de resultados elevados em relação a aderência, o sistema de revestimento com chapisco manual e revestimento mecanizado apresentou uma maior tendência de ruptura na interface chapisco-argamassa do que os outros, cerca de 35% dos corpos de prova romperam nesta interface.

Figura 29 - Tipos de Ruptura do Revestimento em Substrato de Concreto



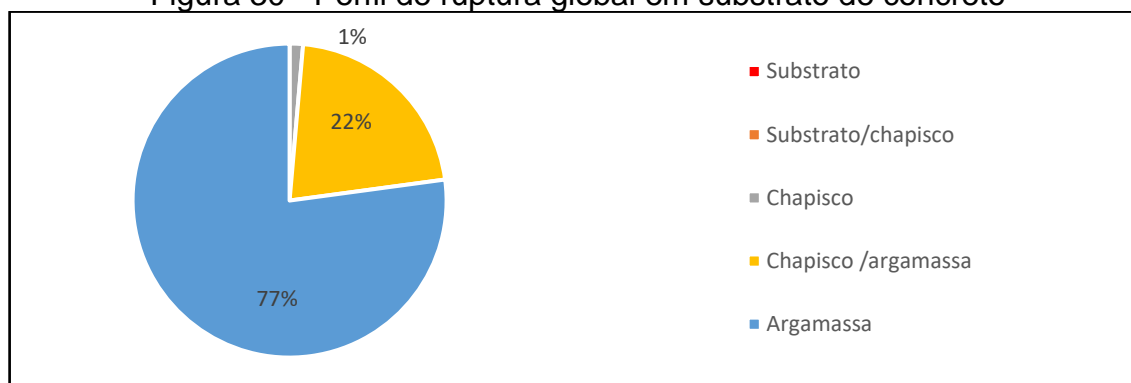
Fonte: Autor (2022)

Também é importante ressaltar que os comportamentos dos sistemas em substrato de concreto quanto aos tipos de ruptura tiveram interferência quanto a forma de chapisco. Analisando somente os chapiscos, dentro dos sistemas, percebemos que quando executado manualmente, ele rompeu na faixa dos 68% a 62% na argamassa de revestimento, quando executado de maneira semi manual, de 89% a 85% rompeu na argamassa. Quando o chapisco foi executado de maneira mecanizada, rompeu de 75% a 80% dos casos na argamassa de revestimento. Diferentemente dos resultados encontrados, Gasperin (2011) em seu estudo para o sistema de revestimentos mecanizado, encontrou uma predominância de ruptura na interface chapisco/argamassa de revestimento, seguida por algumas rupturas na camada de argamassa de revestimento.

Os valores de percentuais acima listados, demonstram uma clara tendência do perfil de ruptura em relação ao tipo de chapisco empregado no sistema. Finalmente,

cerca de 10% dos testemunhos apresentou um perfil de ruptura no chapisco, no único sistema onde houve esse perfil de ruptura, o sistema de chapisco mecanizado e revestimento manual.

Figura 30 - Perfil de ruptura global em substrato de concreto



Fonte: Autor (2022)

Se tratando da análise global dos perfis de ruptura em substrato de concreto (Figura 30), 77% dos perfis demonstraram ruptura na camada da argamassa de revestimento e 22% romperam na interface argamassa-chapisco e 1% na interface do chapisco. Os valores encontrados neste experimento, corroboram com Salvi (2017), que encontrou em blocos de concreto uma predominância de 67% de rupturas na argamassa de revestimento, contra 33% na interface entre o chapisco e a argamassa de revestimento. Já na pesquisa de Ruduit (2009), foram encontrados valores distintos nos perfis de ruptura, sendo uma grande predominância de rupturas na interface da argamassa de revestimento/ chapisco, de 62%, além de 22% de rupturas da interface substrato-chapisco e outras 11% na camada de argamassa de revestimento. A partir desta predominância de rupturas na interface da argamassa de revestimento é possível indicar que a camada mais frágil dos sistemas de revestimento analisados é a própria argamassa de revestimento (BARRETO E BRANDÃO, 2014).

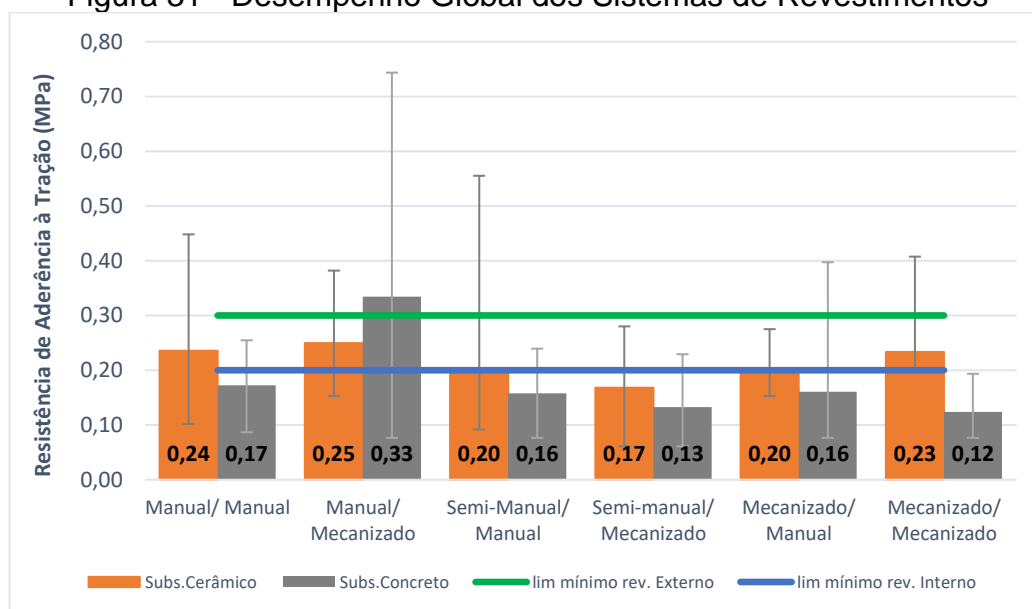
4.2.3 Desempenho Global dos Sistemas de Revestimentos Argamassados

Na Figura 31, é possível avaliar o desempenho global de ambos os sistemas de revestimentos analisados. Percebe-se que em relação aos valores demandados pela NBR 13749 (ABNT, 2013), apenas o sistema de bloco de concreto, chapisco manual e argamassa de revestimento por método mecanizado pode ser utilizado em

ambiente externo, pois atingiu o limite mínimo de 0,30 MPa. Por outro lado, somente metade dos sistemas analisados de maneira global poderiam ser utilizados em ambiente interno (0,20 MPa).

Também é possível identificar que em cinco dos seis sistemas houve uma melhor aderência quando utilizado o substrato cerâmico, em relação ao substrato de concreto. Os resultados médios encontrados aqui corroboram com Rudit (2009) onde em sua pesquisa concluiu que os maiores valores de aderência média em substratos cerâmicos em relação aos substratos de concreto, são efeito da maior dificuldade destes em atingir condições ideais de aderência, muito por conta do baixo índice de absorção dos concretos. Ainda, esta variabilidade tamanha nos sistemas pode ser explicada por Gonçalves e Bauer (2005) pois a não homogeneidade do sistema de revestimento argamassado é favorecida pelo processo de execução aplicado de maneira manual, gerando uma grande variação nos resultados do processo e interferindo na interferência da argamassa no próprio sistema. A partir destes resultados, analisados de maneira global, indica-se que as alternativas de aplicação influenciam mais do que a rugosidade do bloco, por exemplo.

Figura 31 - Desempenho Global dos Sistemas de Revestimentos



Fonte: Autor (2022)

Outro fator a se destacar é a dependência da mão de obra para o sistema de revestimentos, visto que mesmo quando aplicado o chapisco ou a argamassa de revestimento de maneira mecanizada ou semi-manual, há uma importância de se

comprimir a argamassa após a sua aplicação para que ela aumente ainda mais o seu contato com a base (MACIEL, BARROS E SABBATINI, 1998). Moura (2007) cita como fator indireto que pode afetar na aderência do substrato, a rugosidade e a mão de obra na execução do revestimento.

Todavia, apesar de metade dos resultados apresentarem valores de tensão compatíveis para serem utilizados em ambientes internos de acordo com a NBR 13749 (ABNT, 2013), ao analisar os sistemas de revestimentos que receberam o chapisco no método manual de aplicação, percebemos que 75% dos sistemas poderiam ser utilizados para a condição de revestimento interno. O chapisco executado de maneira mecanizada, seria aprovado em 50% das paredes internas revestidas. Enquanto observou-se que o chapisco semi-manual apresentou em 25% das paredes testadas o resultado de 0,20MPa. Nestes dois últimos métodos, ressalta-se ainda, que somente obtiveram-se resultados satisfatórios em sistemas de substrato cerâmico.

Quando analisados separadamente os métodos de aplicação da argamassa de revestimento no sistema, percebemos uma clara divisão, onde metade dos sistemas revestidos manualmente, independentemente do seu chapisco seriam aprovados para condição de revestimento interno. Este resultado aparece também para o método projetado de revestimento de argamassa, onde metade dos sistemas com este revestimento poderiam ser utilizados em revestimentos internos. Relacionado a aderência do sistema, segundo Rudiant, (2009) se a energia de aplicação na hora do lançamento da argamassa sobre o substrato não for suficiente, podem ocorrer falhas de contato na interface dos dois materiais.

A Tabela 8 apresenta a análise de variância entre os valores de resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos de argamassas aplicados nos diferentes substratos empregados nesta pesquisa.

Tabela 8 - Análise de variância (ANOVA) da resistência de aderência à tração dos sistemas de revestimentos argamassados aplicados nesta pesquisa

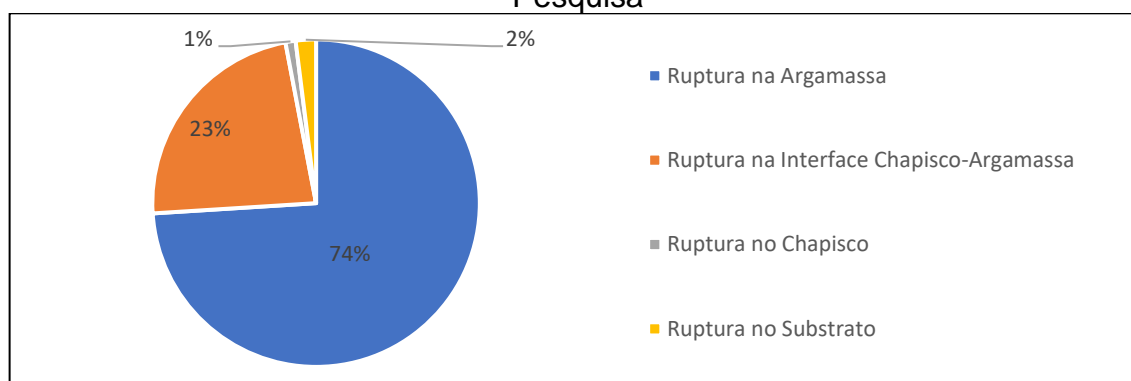
Fonte	GDL	SQ	MQ	F	F crítico	Valor de P	Efeito significativo
Substratos	11	0,4595	0,0417	4,76259	1,8618	0,000003	S
Erro	132	1,1579	0,0087				

Onde: GDL = grau de liberdade; SQ = soma quadrada; MQ = média quadrada.

O resultado de análise de variância apresentou, para um nível de confiança de 95%, efeito significativo (valor de 'p' inferior a 0,05), ou seja, há diferença para os sistemas de revestimento aplicado aos diferentes substratos desta pesquisa.

Acerca dos perfis de ruptura encontrados (Figura 32) tanto no sistema de substrato cerâmico, quanto substrato de concreto, percebemos que não há nenhuma forma de ruptura dos tipos F e G segundo a NBR 13528 (ABNT, 2019) (Figura 22). Sendo assim, para Barreto e Brandão (2014), isto significa que não houve falha na colagem das pastilhas no procedimento de ensaio, além disso, para os autores citados, quando a ruptura acontece na camada superficial da argamassa, como apareceu com predominância no presente estudo, indica que esta é a camada mais fraca do revestimento. Neste caso, como os resultados de resistência de aderência à tração foram baixos significa que a resistência inicial pode ser classificada como inadequada.

Figura 32 - Análise Global das Formas de Ruptura Envolvendo todos os Sistemas da Pesquisa



Fonte: Autor (2022)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises dos resultados realizadas no capítulo anterior, obtidas através do programa experimental permitem estabelecer correlações importantes quanto ao desempenho dos sistemas de revestimento, principalmente tocante a influência do tratamento das bases em ambos os substratos, porém, estabelecer correlações acerca da aderência à tração nas variantes métodos de execução e sistemas empregados somente são permitidas com uma análise mais detalhada de cada um dos substratos. Com o intuito de detalhar maiores considerações, observa-se que:

- **Com relação aos sistemas de revestimento frente à resistência de aderência à tração e a fissuração:**

Os sistemas de revestimento analisados de modo geral demonstraram insuficiência quanto à aderência para revestimento externo. Se tratando de revestimento interno, grande parte dos sistemas que possuíam substrato cerâmico se mostraram suficientes. Desta maneira, observa-se que a aderência é um mecanismo complexo, dependente das propriedades e o preparo dos materiais constituintes do sistema, da conformação da interface e da forma de aplicação dos materiais sobre o substrato. Se tratando de fissuras, nenhum dos revestimentos apresentou fissuração ao longo dos 28 dias de análise do revestimento.

- **Com relação as formas de aplicação em diferentes sistemas para cada tipo de substrato:**

As formas de aplicação das etapas do sistema de revestimentos, tanto o chapisco como a argamassa de revestimento, demonstraram efeitos diferentes para cada uma das etapas em cada tipo de substrato. Tratando-se do chapisco, quando em substrato de cerâmica, pode-se correlacionar o chapisco manual e o mecanizado com resultados 100% satisfatórios para revestimentos internos. O chapisco manual apresentou os melhores índices de resistência à aderência, seguido do mecanizado e por fim o semi-manual, este com resultados que inviabilizam a sua utilização. Se tratando da argamassa de revestimento, pode-se correlacionar também a maneira manual de aplicação como uma prática satisfatória em ambientes internos. Porém,

nenhum dos sistemas analisados neste substrato poderia ser utilizado em ambientes externos.

Tratando-se do substrato de concreto, a variabilidade dos resultados encontrados não nos permite estabelecer maiores correlações, pois apesar de um dos sistemas ter obtido valores de tensão extremamente satisfatórios quanto ao uso interno e externo, todos os outros sistemas apresentaram-se insuficientes. Sendo assim, não é possível correlacionar o método de aplicação de cada um dos sistemas com os resultados encontrados.

- **Com relação ao desempenho dos sistemas de revestimento:**

Em relação ao desempenho dos sistemas de revestimento analisados de maneira geral, pode-se inferir que os sistemas com as condições desta pesquisa não podem ser utilizados para o revestimento externo. Os resultados do ensaio de aderência à tração, combinados com o perfil de ruptura predominante da interface da argamassa de revestimento, possivelmente gerariam uma grande perda de estabilidade da fachada, fato que ocorre devido à falha de aderência com a base. A falta de estabilidade poderia gerar inconvenientes esfrelamentos e deslocamentos, que além de atentar ao desempenho do revestimento, coloca em risco a segurança de pessoas nas proximidades da edificação.

Tratando-se de revestimentos internos, por sua vez, os sistemas apresentaram desempenhos diferentes em cada um dos substratos, como foi visto anteriormente. De modo geral, resultados satisfatórios para substratos cerâmicos e insatisfatórios para substrato de concreto. A predominância de rupturas na argamassa de revestimento indica que esta é o ponto frágil do sistema.

Por fim, os resultados encontrados nesta pesquisa, para este tipo de argamassa de revestimento combinada a esta argamassa de chapisco, não poderiam ser aplicados em nenhum dos substratos quando em revestimento externo, independentemente da forma de projeção escolhida para qualquer uma destas etapas. Porém, se tratando de revestimento interno, apenas os sistemas utilizando bloco cerâmico mostram-se confiáveis com as técnicas de aplicação de argamassa de chapisco manual ou mecanizada e argamassa de revestimento mecanizada, impossibilitando, assim, a forma de aplicação semi-manual de chapisco. Os métodos

de revestimento mecanizados apresentaram menor variabilidade. Para substrato de concreto, apesar de um dos sistemas ter apresentado valores extremamente altos de resistência de aderência à tração, a alta variabilidade dos valores mínimos e máximos em relação às respectivas médias, não podem significar de maneira alguma que os resultados são confiáveis, sugerindo uma análise mais profunda em relação a este tipo de substrato.

5.1 SUGESTÕES PARA FUTURAS PESQUISAS

Em decorrência das limitações encontradas durante a pesquisa, bem como questões provenientes dos resultados obtidos sugere-se a continuidade à análise do desempenho de sistemas de revestimento através do uso de diferentes formas de aplicação em substrato cerâmico e de concreto, buscando analisar por meio de pesquisa:

- Influência da ergonomia de trabalho com os baixos índices de aderência encontrados;
- Resultados em blocos de concreto sem umidificar o substrato antes da execução do chapisco;
- Utilização de argamassa produzida *in loco* ao invés da argamassa usinada estabilizada para estabelecer maiores relações entre os métodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, R. P. N.; JOHN, V. M. **Determinação e controle da energia de impacto de argamassas lançadas manualmente.** Boletim Técnico BT/PCC, n. 455. São Paulo: EPUSP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 2007. 14 p

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Revestimentos cerâmicos de fachadas e paredes externas com utilização de argamassa colante - Projeto, execução, inspeção e aceitação - Procedimento.** NBR 13755: Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassas inorgânicas decorativas para revestimento de edificações - Requisitos e métodos de ensaios.** NBR 16648, Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimentos.** NBR 7200: Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos.** NBR 13281: Rio de Janeiro, 2005.

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

BAÍA, L. L. M.; SABBATINI, F. H. **Projeto e execução de revestimento de argamassa.** 4. ed. São Paulo: O nome da Rosa, 2008.

BARRETO, M. F. O.; BRANDÃO, P. R. G. **Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de cimento portland novas e envelhecidas.** 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais.

Disponível em: < <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/109-001.pdf>>.

Acesso em 26 de maio de 2019.

BARROS, M. M. S. B; SABBATINI, F. H. **Produção de revestimentos cerâmicos para paredes de vedação em alvenaria: diretrizes básicas**. São Paulo: EPUSP, 2001.

BAUER, E. (Ed.) **Revestimento de argamassa: características e peculiaridades**.

Brasília: LEM- UnB; SINDUSCON, 2005. Disponível em:

<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/upload/ativos/123/anexo/revesar.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2022.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: G. C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil**. 1 ed. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto - IBRACON, 2007, v. 1.

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

CARASEK, H.; Cascudo, O.; Jucá, T. **Estudo de casos de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto**. VI Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas - VI SBTA. Antac. Florianópolis. 2005.

CARASEK, H. **Argamassas**. In: ISAIA, G. C. (Org). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v. 2, p. 885-936.

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

CEOTTO, L. H.; Banduk, R. C.; Nakakura, E. H. **Recomendações técnicas habitare - volume 1, revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação.** Porto Alegre, 2005.

CICHINELLI, G. C. **Escassez de mão de obra abre espaço para projeção mecanizada de argamassas.** Revista Técnica, ed. 105, 2010a. Disponível em: < . Acesso em: 09 jun. 2022.

CICHINELLI, G. C. Acabamento projetado. **Projeção de argamassas aumenta produtividade e qualidade dos revestimentos: conheça os principais cuidados para usá-la corretamente e alguns produtos disponíveis.** Revista Técnica, ed. 158, 2010b. Disponível em:. Acesso em: 09 jun. 2022.

CINCOTTO, M.A. **Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações.** Tecnologia de Edificações, n.1, p.7-12, ago. 1984.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento: Características, propriedades e métodos de ensaio.** (Boletim 68 – Publicação IPT). São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995. 118 p.

COSTA, F. N. **Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhorias.** Porto Alegre: Escola de Engenharia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2005. 181p. Dissertação de Mestrado.

COSTA, E. **Investigação do método de ensaio de determinação da resistência de aderência de revestimentos de argamassa.** 2007. 205 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de pós graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil – Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2007.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de Argamassas e Revestimentos - Estudos e Procedimentos.** São Paulo: PINI, 1994.

GASPERIN, J. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto: influência da forma de aplicação e composição do chapisco.** p. 194. Mestrado em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2011.

MEDEIROS, J.S.; SABBATINI, F.H. **Estudos sobre a técnica executiva de revestimentos de argamassa sobre paredes de alvenaria.** In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., Florianópolis, 1994. Proceedings. Florianópolis, UFSC/University of Edinburgh/ANTAC, 1994. p.594-607.

MOURA, C. B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** p. 234. Mestrado em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2007.

PARAVISI, S. **Avaliação de sistemas de produção de revestimentos de fachada com aplicação mecânica e manual de argamassa.** Porto Alegre: Escola de Engenharia; Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 2008. 180p. Dissertação de Mestrado

PARAVISI, S.; MASUERO, A. B.; BONIN, L. C.; ISATTO, E. L. **Produção de argamassa com bomba de projeção.** Revista Técnica, ed. 145. 2009. Disponível em: .Acesso em: 09 jun. 2022.

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

PRETTO, M. E. J. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa.** p. 273. Mestrado em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre, 2007.

RECENA, F. A. P. **Conhecendo argamassa.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2012. 188 p.

RUDUIT, F. R. **Contribuição ao Estudo da Aderência de Revestimentos de Argamassa e Chapisco em Substrato de Concreto**. UFRGS. Porto Alegre, p. 175. 2009.

SALVI, C. R. **Avaliação da Resistência de Aderência À Tração de Argamassas de Revestimento Sobre Diferentes Substratos na Cidade Guaporé/RS**. UNIVATES. Lajeado, p.113. 2017.

SCARTEZINI, Luís Maurício Bessa. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil da UFG, Goiânia, 2002).

TAVARES, C. H.S. P. E SOMMERFELD, K. **Produtividade em Obras: Um estudo do processo executivo de argamassa projetada em Belo Horizonte, Minas Gerais**. 2014. Acesso em 27 de junho de 2022 site: <http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a119.pdf>.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10. ed. rev. e atual. São Paulo: Pini, 2010.

ANEXO A – TRAÇO DA ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E REVESTIMENTO

Material		Marca/Tipo	Massa Específica kg/dm ³	Consumo kg
Cimento CPIIZ 40 Granel		Votorantim cimentos S.A.	3,09	224
Cinza volante		Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica	2,20	0
Areia Fina		Guga Apollo	2,61	1101
Areia Industrial		Britamil - Mineração e Britagem LTDA	2,63	367
Brita 0		Britamil - Mineração e Britagem LTDA	2,64	0
Brita 1		Britamil - Mineração e Britagem LTDA	2,63	0
Água				200
Aditivo Incorporador de ar		Builder	1,16	0,50
Aditivo Estabilizador		Builder	1	4,50
Totais				1897
Aglomerante total (propriedades cimentícias)				224
Abatimento (Slump)				150 a 170 mm
Ar Incorporado				19% a 22%
Resistência potencial de aderência à tração - NBR 13281				Classe A3
Resistência à compressão - NBR 13281				Classe P4
Resistência à tração na flexão - NBR 13281				Classe R2
Densidade de massa aparente no estado endurecido - NBR 13281				M4
Densidade de massa no estado fresco - NBR 13281				D4
Relação a/c				0,89
Relação água materiais secos (H%)				11,82%
Traço unitário agregados material seco (m)				6,55
Teor de Aditivo (%) 1				0,31%
Teor de Aditivo (%) 2				2,00%



Eng. Giovani Dugatto
Crea 181.275

ANEXO E – CLASSES PARA OS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO REALIZADOS AO LONGO DO TRABALHO

Tabela 1 — Resistência à compressão

Classe	Resistência à compressão MPa	Método de ensaio
P1	≤ 2,0	ABNT NBR 13279
P2	1,5 a 3,0	
P3	2,5 a 4,5	
P4	4,0 a 6,5	
P5	5,5 a 9,0	
P6	> 8,0	

Tabela 2 — Densidade de massa aparente no estado endurecido

Classe	Densidade de massa aparente no estado endurecido kg/m ³	Método de ensaio
M1	≤ 1 200	ABNT NBR 13280
M2	1 000 a 1 400	
M3	1 200 a 1 600	
M4	1 400 a 1 800	
M5	1 600 a 2 000	
M6	> 1 800	

Tabela 3 — Resistência à tração na flexão

Classe	Resistência à tração na flexão MPa	Método de ensaio
R1	≤ 1,5	ABNT NBR 13279
R2	1,0 a 2,0	
R3	1,5 a 2,7	
R4	2,0 a 3,5	
R5	2,7 a 4,5	
R6	> 3,5	

Tabela 4 — Coeficiente de capilaridade

Classe	Coeficiente de capilaridade g/dm ² .min ^{1/2}	Método de ensaio
C1	≤ 1,5	ABNT NBR 15259
C2	1,0 a 2,5	
C3	2,0 a 4,0	
C4	3,0 a 7,0	
C5	5,0 a 12,0	
C6	> 10,0	

Tabela 5 — Densidade de massa no estado fresco

Classe	Densidade de massa no estado fresco kg/m ³	Método de ensaio
D1	≤ 1 400	ABNT NBR 13278
D2	1 200 a 1 600	
D3	1 400 a 1 800	
D4	1 600 a 2 000	
D5	1 800 a 2 200	
D6	> 2 000	

Tabela 6 — Retenção de água

Classe	Retenção de água %	Método de ensaio
U1	≤ 78	ABNT NBR 13277
U2	72 a 85	
U3	80 a 90	
U4	86 a 94	
U5	91 a 97	
U6	95 a 100	

Tabela 7 — Resistência potencial de aderência à tração

Classe	Resistência potencial de aderência à tração MPa	Método de ensaio
A1	< 0,20	ABNT NBR 15258
A2	≥ 0,20	
A3	≥ 0,30	

APÊNDICES

APÊNDICE A - DADOS E RESULTADOS NOS ENSAIOS DOS BLOCOS CERÂMICOS

Quadro 7 - Características Geométricas de Blocos Cerâmicos

Aspectos geométricos dos blocos cerâmicos									
Amostra	Média paredes externas	Média paredes internas	Tamanho médio dos septos	Desvio em relação ao esquadro faces "D"	Largura	Altura	Comprimento	Planeza das faces "F"	Área da face
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)
1	11,03	8,03	28,07	1,00	287,30	186,97	138,05	2,00	537,16
2	10,57	7,50	30,79	2,00	287,45	191,80	140,91	0,00	551,33
3	10,56	8,45	29,17	3,00	288,10	190,95	140,73	0,50	550,13
4	10,67	7,38	29,39	1,00	287,57	188,83	139,13	3,00	543,02
5	10,44	7,57	29,72	1,00	284,30	187,80	137,64	1,00	534,03
6	10,55	7,44	29,01	2,00	285,01	188,40	138,77	2,00	537,04
7	10,95	8,59	29,75	1,00	288,02	188,54	138,80	4,00	543,03
8	10,31	7,80	30,25	1,00	288,29	191,24	141,29	1,00	553,35
9	10,90	8,59	29,75	2,00	288,07	191,80	138,80	5,00	543,03
10	10,70	8,26	30,25	0,50	288,48	190,39	141,09	3,00	551,96
11	10,29	8,05	29,54	2,00	288,85	191,21	140,26	2,00	549,65
12	10,96	7,82	29,63	1,00	288,90	189,86	140,76	1,00	553,15
13	10,84	8,28	30,97	0,00	288,08	192,18	139,62	1,00	548,51
Média	10,67	7,98	29,71	1,35	287,57	190,00	139,68	1,96	545,80

Fonte: Autor (2022)

Quadro 8 - IAA Blocos Cerâmicos

Índice de absorção de água total "AA" (%)			
Amostra	Índice de absorção de água total	Índice de absorção de água inicial	Resistência a compressão
	AA (%)	((g/194 ² /min)	(MPa)
1	8,68	11,81	5,98
2	12,52	19,47	3,16
3	11,53	18,54	5,32
4	9,52	17,01	4,06
5	9,11	16,35	5,88
6	9,70	16,24	5,39
7	9,68	17,59	5,18
8	12,06	17,97	5,03
9	10,65	17,86	2,00
10	11,90	20,97	4,12
11	12,51	14,59	4,21
12	10,93	17,44	5,78
13	12,20	17,87	4,71
Média	10,85	17,21	4,68

Fonte: Autor (2022)

Quadro 9 - Massa seca e massa úmida Blocos Cerâmicos

Massa seca e massa úmida cerâmico		
Amostra	Massa Seca	Massa Úmida
	Ms (g)	Mu (g)
1	5141,82	5588,10
2	5078,60	5714,68
3	5109,08	5698,10
4	5106,06	5592,17
5	5070,89	5532,93
6	5120,64	5617,42
7	5109,67	5604,23
8	5109,62	5725,94
9	5117,26	5662,11
10	5110,22	5662,11
11	5097,62	5735,48
12	5105,02	5662,79
13	5090,21	5802,01
Média	5105,13	5661,39

Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE B - DADOS E RESULTADOS NOS ENSAIOS DOS BLOCOS DE CONCRETO

Quadro 10 – Características geométricas bloco de Concreto

Aspectos geométricos dos blocos de concreto									
Amostra	Média paredes externas	Média paredes internas	Tamanho médio dos septos	Desvio em relação ao esquadro faces "D"	Largura	Altura	Comprimento	Planeza das faces "F"	Área da face
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm ²)
1	28,4	28,4	25,6	1,0	140,52	190,20	390,70	2,00	741,0
2	28,2	28,4	27,5	2,0	140,42	191,05	389,92	2,00	743,0
3	27,4	28,4	27,2	3,0	140,69	190,50	391,27	0,50	741,0
4	27,4	28,4	24,6	1,0	141,03	190,12	391,32	1,00	744,9
5	27,7	28,4	26,7	1,0	140,52	190,89	390,92	0,50	741,0
6	26,9	28,4	25,2	2,0	140,76	188,90	391,65	2,00	733,0
7	26,8	28,4	28,5	1,0	140,89	191,01	390,65	1,00	750,0
8	28,4	28,4	25,6	1,0	141,01	191,54	390,46	0,50	741,0
9	28,2	28,4	27,5	2,0	141,06	190,89	390,12	2,00	744,9
10	27,4	28,4	27,2	0,5	140,84	190,58	389,99	2,00	733,0
11	27,7	28,4	24,9	2,0	140,54	190,48	390,58	0,50	750,7
12	26,9	28,4	28,8	1,0	140,87	188,40	389,89	1,00	743,0
13	28,2	28,4	27,5	0,0	140,98	188,89	391,02	0,50	733,2
Média	27,7	28,4	26,7	1,3	140,78	190,27	390,65	1,19	741,5

Fonte: Autor (2022)

Quadro 11 - IAA (%) Blocos de Concreto

Índice de absorção de água total "AA" (%)			
Amostra	Índice de absorção de água total	Índice de absorção de água inicial	Resistência a compressão
	AA (%)	((g/cm ² /min)	(MPa)
1	7,98	0,27	9,97
2	6,89	0,28	10,05
3	6,97	0,25	9,21
4	7,89	0,26	10,47
5	7,85	0,26	8,85
6	7,94	0,26	9,61
7	7,50	0,25	10,45
8	6,35	0,26	9,16
9	8,34	0,27	8,95
10	8,56	0,26	8,92
11	8,81	0,25	9,12
12	6,58	0,25	10,40
13	6,89	0,28	9,58
Média	7,58	0,26	9,60

Fonte: Autor (2022)

Quadro 12 - Massa seca e úmida Concreto

Massa seca e massa úmida /Concreto		
Amostra	Massa Seca	Massa Úmida
	Ms (g)	Mu (g)
1	11540,22	12500,75
2	11280,18	12340,65
3	11180,23	12220,61
4	11460,31	12425,78
5	11280,26	12280,02
6	11420,14	12360,23
7	11300,11	12398,94
8	11600,16	12510,11
9	11540,51	12278,02
10	11280,75	12370,16
11	11600,45	12522,81
12	11280,80	12345,94
13	11180,09	12420,36
Média	11380,32	12382,64

Fonte: Autor (2022)

APÊNDICE C – ÍNDICE DE CONSISTÊNCIA EM ESTADO FRESCO DAS ARGAMASSAS DE CHAPISCO E REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO

Tabela 9 - Índices de consistência em estado fresco das argamassas da pesquisa

Índice de Consistência - Argamassa de Chapisco	
-	Abatimento (mm)
i1	310
i2	314
i3	311
Média	312

Índice de Consistência - Argamassa de Revestimento	
-	Abatimento (mm)
i1	218
i2	220
i3	219
Média	219

APÊNDICE D – DENSIDADE DE MASSA DAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO E CHAPISCO EM ESTADO FRESCO

Tabela 10 - Densidade de massa no estado fresco

DENSIDADE DE MASSA - CHAPISCO	
mc	728,63
mv	110,81
vr	398,12
d	1551,84 kg/m ³

DENSIDADE DE MASSA - REVESTIMENTO	
mc	822,5
mv	110,81
vr	398,12
d	1787,63 kg/m ³

**APÊNDICE E – DENSIDADE DE MASSA APARENTE NO ESTADO ENDURECIDO
DAS ARGAMASSAS DE CHAPISCO E REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO**

Tabela 11 - Densidade de massa aparente

DENSIDADE DE MASSA APARENTE - CHAPISCO				
CP	L1 (cm)	L2 (cm)	A1 (cm)	Massa (g)
CHA 1	40,4	40,1	161,6	491,7
	40,1	40,4	161,5	
	40,1	40,3	161,6	
média	40,2	40,3	161,6	
CHA 2	40,4	40,3	161,7	508,0
	41,0	40,6	161,8	
	40,4	40,7	161,6	
média	40,6	40,5	161,7	
CHA 3	40,2	40,5	161,5	503,7
	40,2	40,6	161,6	
	40,1	40,7	161,6	
média	40,2	40,6	161,6	
Média Massa	501,1	g		
Média L1	40,3	cm		
Média L2	40,5	cm		
Média A1	161,6	cm		
Volume	264,43	cm ³		
Densidade	1895,1	kg/m ³		

Tabela 12 - Densidade de massa aparente (Revestimento e Assentamento)

DENSIDADE DE MASSA APARENTE - REVESTIMENTO				
CP	L1 (cm)	L2 (cm)	A1 (cm)	PESO (g)
REV 1	40,2	40,1	160,5	437,8
	40,1	40,0	160,4	
	40,2	40,1	160,5	
	40,2	40,1	160,5	
REV 2	40,2	40,0	160,2	450,2
	40,4	40,3	160,4	
	40,5	40,4	160,2	
	40,4	40,2	160,3	
REV 3	41,1	40,0	162,8	453,0
	40,8	40,2	162,7	
	40,8	40,4	162,8	

	40,9	40,2	162,8
Média Massa	447,0	g	
Média L1	40,5	cm	
Média L2	40,2	cm	
Média A1	161,2	cm	
Volume	258,33	cm ³	
Densidade	1730,4	kg/m ³	

APÊNDICE F – ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE E COEFICIENTE DE CAPILARIDADE DAS ARGAMASSAS DE CHAPISCO E REVESTIMENTO EM ESTADO ENDURECIDO

Tabela 13 - Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade
COEFICIENTE DE CAPILARIDADE - REVESTIMENTO

CP	P amb (g)	P10 (g)	P90 (g)	
REV 1	437,8	441,7	446,02	
REV 2	450,24	454,0	458,14	
REV 3	453,02	457,1	462,64	
Média REV	447,02	450,92	455,6	
At= (mt - m0)/16		At 10min	0,24375	g/cm ²
		At 90min	0,53625	g/cm ²
Coef. Capilaridade				
C = (m90 - m10)		C	4,68	g/dm ² .min ¹
COEFICIENTE DE CAPILARIDADE - CHAPISCO				
CP	P amb (g)	P10 (g)	P90 (g)	
CHA 1	491,7	499,2	511,9	
CHA 2	508,0	515,0	526,6	
CHA 3	503,7	510,5	522,5	
Média CHA.	501,1	508,2	520,4	
At= (mt - m0)/16		At 10min	0,4445833	g/cm ²
		At 90min	1,2014583	g/cm ²
Coef. Capilaridade				
C = (m90 - m10)		C	12,11	g/dm ² .min ¹

APÊNDICE G – ABSORÇÃO DE ÁGUA TOTAL, ÍNDICE DE VAZIOS E MASSA ESPECÍFICA REAL DO CHAPISCO E REVESTIMENTO

Tabela 14 - Absorção de Água total, índice de vazios e massa específica real

ARGAMASSA DE REVESTIMENTO E ASSENTAMENTO				
CP	REV1	REV2	REV3	Média
massa seca	432,36	443,13	447,58	441,0
massa saturada	478,41	491,78	494,68	488,3
massa imersa	226,31	233,56	233,13	231,0
Absorção de água total		10,7%		
Índice de Vazios		18%		
Massa específica real (g/cm³)		2,099		
ARGAMASSA DE CHAPISCO				
CP	CHA 1	CHA 2	CHA 3	Média
massa seca	468,29	481,52	479,48	476,4
massa saturada	543,19	557,43	554,4	551,7
massa imersa	284,46	292,94	291,5	289,6
Absorção de água total		15,8%		
Índice de Vazios		29%		
Massa específica real (g/cm³)		2,550		

APÊNDICE H – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO EM SUBSTRATO CERÂMICO

Figura 33 - Aderência em Substrato Cerâmico

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Manual/ Rev. Manual										
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES		TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA			
		D(mm)					ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,65			0,33	APROVADO	APROVADO	E	30%	D	70%
2	0,41			0,21	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
3	0,20			0,10	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
4	0,15			0,08	REPROVADO	REPROVADO	E	50%	D	50%
5	0,48			0,24	REPROVADO	APROVADO	E	70%	D	30%
6	0,52	50		0,26	REPROVADO	APROVADO	E	20%	D	80%
7	0,45			0,23	REPROVADO	APROVADO	E	20%	D	80%
8	0,64			0,33	APROVADO	APROVADO	E	10%	D	90%
9	0,88			0,45	APROVADO	APROVADO	E	100%		
10	0,55			0,28	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
11	0,42			0,21	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
12	0,20		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E	100%			
MÉDIA	0,46			0,24	REPROVADO	APROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Manual/ Rev. Mecanizado										
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES		TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA			
		D(mm)					ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,57			0,29	REPROVADO	APROVADO	E	80%	D	20%
2	0,44			0,22	REPROVADO	APROVADO	D	100%		
3	0,44			0,22	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
4	0,64			0,33	APROVADO	APROVADO	D	100%		
5	0,43			0,22	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
6	0,30	50		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
7	0,67			0,34	APROVADO	APROVADO	D	100%		
8	0,42			0,21	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
9	0,43			0,22	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
10	0,48			0,24	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
11	0,75			0,38	APROVADO	APROVADO	D	100%		
12	0,31		0,16	REPROVADO	REPROVADO	E	100%			
MÉDIA	0,49			0,25	REPROVADO	APROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Semi-Manual/ Rev. Manual										
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES		TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA			
		D(mm)					ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,26			0,13	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
2	0,50			0,25	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
3	0,25			0,13	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
4	0,25			0,13	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
5	0,35			0,18	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
6	0,45	50		0,23	REPROVADO	APROVADO	E	80%		
7	0,50			0,25	REPROVADO	APROVADO	E	40%		
8	0,25			0,13	REPROVADO	REPROVADO	B	60%	A	40%
9	0,28			0,14	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
10	0,43			0,22	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
11	0,18			0,09	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
12	1,09		0,56	APROVADO	APROVADO	C	100%			
MÉDIA	0,40			0,20	REPROVADO	APROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

continua

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Semi-Manual/ Rev. Mecanizado									
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,44	50	0,22	REPROVADO	APROVADO	E	70%	D	30%
2	0,12		0,06	REPROVADO	REPROVADO	E	40%	D	60%
3	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
4	0,12		0,06	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
5	0,45		0,23	REPROVADO	APROVADO	E	80%	D	20%
6	0,40		0,20	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
7	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E	80%	D	20%
8	0,50		0,25	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
9	0,55		0,28	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
10	0,34		0,17	REPROVADO	REPROVADO	E	90%	D	10%
11	0,40		0,20	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
12	0,34		0,17	REPROVADO	REPROVADO	E	50%	D	50%
MÉDIA	0,33		0,17	REPROVADO	REPROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Mecanizado/ Rev. Manual									
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,51	50	0,26	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
2	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
3	0,13		0,07	REPROVADO	REPROVADO	A	100%		
4	0,54		0,28	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
5	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E	80%	D	20%
6	0,30		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
7	0,34		0,17	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
8	0,49		0,25	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
9	0,37		0,19	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
10	0,41		0,21	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
11	0,49		0,25	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
12	0,39		0,20	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
MÉDIA	0,38		0,20	REPROVADO	REPROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

Desvio ad 0,11564

Sistema de revestimento - Substrato Cerâmico/ Chapisco Mecanizado/ Rev. Mecanizado									
CP	FORÇA KN	DIMENSÕES D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado (externo)	Aprovado ou reprovado (interno)	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da NBR 13528			
1	0,55	50	0,28	REPROVADO	APROVADO	E	100%		
2	0,77		0,39	APROVADO	APROVADO	E	80%	D	20%
3	0,40		0,20	REPROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
4	0,40		0,20	REPROVADO	APROVADO	D	100%		
5	0,38		0,19	REPROVADO	REPROVADO	E	50%	D	50%
6	0,80		0,41	APROVADO	APROVADO	E	50%	D	50%
7	0,25		0,13	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
8	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E	30%	D	70%
9	0,61		0,31	APROVADO	APROVADO	E	100%		
10	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E	50%	D	50%
11	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
12	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E	100%		
MÉDIA	0,46		0,23	REPROVADO	APROVADO	PERFIL DE RUP. CARAC.			E

APÊNDICE I – RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO NAS ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO EM SUBSTRATO DE CONCRETO

Figura 34 - Aderência em Substrato de Concreto

Sistema de revestimento - Substrato Concreto Chapisco Manual/ Rev. Manual						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,17	50	0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
2	0,25		0,13	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
3	0,28		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
4	0,48		0,24	REPROVADO	APROVADO	E 100%
5	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
6	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
7	0,19		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
8	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
9	0,49		0,25	REPROVADO	APROVADO	E 50% D 50%
10	0,50		0,25	REPROVADO	APROVADO	E 40% D 60%
11	0,70		0,36	APROVADO	APROVADO	E 20% D 80%
12	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
MÉDIA	0,34		0,17	REPROVADO	REPROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E

Sistema de revestimento - Substrato Concreto/ Chapisco Manual/ Revestimento Mecanizado						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,42	50	0,21	REPROVADO	APROVADO	E 100%
2	0,49		0,25	REPROVADO	APROVADO	E 100%
3	0,38		0,19	REPROVADO	REPROVADO	D 100%
4	0,92		0,47	APROVADO	APROVADO	D 100%
5	0,56		0,29	REPROVADO	APROVADO	E 50% D 50%
6	0,85		0,43	APROVADO	APROVADO	E 20% D 80%
7	0,39		0,20	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
8	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
9	0,87		0,44	APROVADO	APROVADO	E 100%
10	1,46		0,74	APROVADO	APROVADO	E 75% D 15%
11	0,52		0,26	REPROVADO	APROVADO	E 100%
12	0,87		0,44	APROVADO	APROVADO	E 70% D 30%
MÉDIA	0,66		0,33	APROVADO	APROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E

Sistema de revestimento - Substrato Concreto Chapisco Semi-Manual Rev. Manual						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,39	50	0,20	REPROVADO	REPROVADO	E 70% D 30%
2	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 40% D 60%
3	0,28		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
4	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
5	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
6	0,27		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
7	0,38		0,19	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
8	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
9	0,39		0,20	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
10	0,47		0,24	REPROVADO	APROVADO	E 90% D 10%
11	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
12	0,42		0,21	REPROVADO	APROVADO	E 50% D 50%
MÉDIA	0,31		0,16	REPROVADO	REPROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E

Sistema de revestimento - Substrato Concreto/ Chapisco Semi-Manual/ Rev. Mecanizado						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,35	50	0,18	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
2	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
3	0,12		0,06	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
4	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 80% D 20%
5	0,26		0,13	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
6	0,45		0,23	REPROVADO	APROVADO	E 100%
7	0,27		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 70% D 30%
8	0,45		0,23	REPROVADO	APROVADO	E 50% D 50%
9	0,17		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
10	0,22		0,11	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
11	0,27		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
12	0,20		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
MÉDIA	0,26		0,13	REPROVADO	REPROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E

Sistema de revestimento - Substrato Concreto/ Chapisco Mecanizado/ Rev. Manual						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,36	50	0,18	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
2	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
3	0,78		0,40	APROVADO	APROVADO	E 50% D 50%
4	0,46		0,23	REPROVADO	APROVADO	E 100%
5	0,35		0,18	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
6	0,22		0,11	REPROVADO	REPROVADO	E 90% D 10%
7	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
8	0,37		0,19	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
9	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
10	0,20		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
11	0,26		0,13	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
12	0,20		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
MÉDIA	0,32		0,16	REPROVADO	REPROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E

Sistema de revestimento - Substrato Concreto/ Chapisco Mecanizado/ Rev. Mecanizado						
CP	FORÇA KN	IMENSÃO D(mm)	TENSÃO (MPa)	Aprovado ou reprovado	Aprovado ou reprovado	CLASSIFICAÇÃO DE FORMA DE RUPTURA ITEM 10.1 da
1	0,31	50	0,16	REPROVADO	REPROVADO	E 70% D 30%
2	0,30		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 60% D 40%
3	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 70% D 30%
4	0,20		0,10	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
5	0,24		0,12	REPROVADO	REPROVADO	E 100% D 50%
6	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
7	0,18		0,09	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
8	0,27		0,14	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
9	0,38		0,19	REPROVADO	REPROVADO	E 70% D 30%
10	0,15		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
11	0,16		0,08	REPROVADO	REPROVADO	E 50% D 50%
12	0,29		0,15	REPROVADO	REPROVADO	E 100%
MÉDIA	0,24		0,12	REPROVADO	REPROVADO	ERFIL DE RUP. CARAC E