

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

BIANCA SCHLICKMANN FELISBINO

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA
DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Joinville

2020

BIANCA SCHLICKMANN FELISBINO

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA
DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Dr. Daniel Hastenpflug

Joinville

2020

BIANCA SCHLICKMANN FELISBINO

ANÁLISE QUALITATIVA E QUANTITATIVA
DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE
REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 13 de novembro de 2020.

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

Daniel Hastenpflug

Data: 10/12/2020 18:11:42-0300

CPF: 938.936.200-87

Eng^o. Prof^o. Dr. Daniel Hastenpflug
Orientador e professor do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente

Valeria Bennack

Data: 10/12/2020 18:24:31-0300

CPF: 890.335.159-20

Eng^a Prof^a. Dr^a. Valéria Bennack
Professora do Curso de Engenharia Civil de Infraestrutura
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng^o Prof^o. Dr. Ricardo Girardi
Professor do Curso de Engenharia Civil
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Janete e Valesio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, saúde, proteção e sabedoria.

Aos meus pais e minha grande inspiração, Janete e Valesio, por não medirem esforços para me proporcionar a oportunidade de realizar esta graduação e me ensinarem que é necessário esforço para chegar onde queremos. Assim como, meu irmão Eduardo, por me apoiarem nos momentos de dificuldades, me motivarem, me ouvirem e prestarem todo o suporte necessário para que eu pudesse chegar até aqui, tudo isto só foi possível com a ajuda de vocês!

Ao Augusto, por me aguentar nos dias em que tudo parecia que iria dar errado, me escutar e me ajudar a manter alguma calma.

A construtora ZR3 Empreendimentos, em especial ao engenheiro Rafael, pelo apoio, suporte técnico e financeiro. Agradeço também por ceder o local, em canteiro de obras, para execução dos revestimentos e realização dos ensaios, e disponibilização de mão de obra, materiais e dados para o desenvolvimento do trabalho.

A equipe de obra, que esteve comigo no dia a dia do canteiro de obras, ao mestre de obra, Paulo e aos encarregados, Jefferson e Helio, pelos ensinamentos das mais diversas técnicas construtivas. Sou muito grata por junto com vocês, fazer parte da realização do sonho de muitas pessoas.

Ao meu orientador, professor Daniel, por aceitar de prontidão a orientação do trabalho, pelas mais diversas correções e conversas entusiasmadas sobre o tema (mesmo que remotas).

A empresa Supermix, pelo auxílio técnico e financeiro, para com a execução dos ensaios.

Aos meus amigos, Bruna Santos, Bruna Hobold, Bruna Carolina, Amanda Remor, Amanda Reus, Marcela, Débora, Renata e Leonardo, por me ouvirem falar tanto desse TCC, e mesmo sem entender muito do que se trata, me transmitirem boas energias.

A equipe de organização do CONEMB (Congresso Nacional das Engenharias da Mobilidade) e membros do PET (Programa de Educação Tutorial), sou muito grata ao tempo que trabalhamos em conjunto e tudo que aprendi com vocês. E a todos que fizeram parte da minha experiência acadêmica, aos professores e a UFSC por colaborar na minha formação pessoal e profissional.

Agradeço ao meu avô Leonardo (in memoriam), que me fez se orgulhar, muito, do trabalho árduo e digno de pedreiro, e indiretamente me despertar a vontade de estar na obra.

RESUMO

A técnica construtiva de revestimento de parede argamassado, popularmente denominada de reboco, é uma etapa essencial em uma edificação. A funcionalidade proporciona diversas vantagens ao usuário, desde a regularização da superfície dos elementos de vedação, para receber os acabamentos finais, até como isolante termoacústico. Para atingir o desempenho satisfatório na vida útil de projeto, deve atentar-se ao modo de execução e a escolha dos materiais. Portanto, os materiais utilizados na dosagem das camadas do sistema (chapisco, emboço e reboco, ou camada única), têm relação direta na resistência à tração desenvolvida pelo sistema construtivo e pode influenciar de maneira significativa no desempenho do mesmo. Segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013) e a NBR 15.575 (ABNT, 2013) o principal indicativo de qualidade do sistema de revestimento é sua aderência à tração, sendo que a deficiência desta pode implicar em diversas manifestações patológicas tais como o desprendimento do revestimento da parede. Assim, o presente estudo apresenta a verificação qualitativa e quantitativa da resistência à tração de nove (09) diferentes configurações no sistema de revestimento utilizando: argamassa preparada em obra, argamassa intermediária e argamassa estabilizada, realizando-se variações da presença do chapisco na composição, modificando-se o aditivo de seu traço, de copolímeros ou de PVA. Logo, para a investigação do desempenho dos sistemas fez-se ensaios de arrancamento *in situ* (adaptação realizada da NBR 13.528 (ABNT, 2019), em um edifício multifamiliar, localizado em Joinville-SC. Assim como, para a análise dos custos atribuídos aos revestimentos utilizou-se de dados das práticas construtivas desenvolvidas também na obra em questão. Os resultados obtidos certificam que oito dos nove tipos de revestimentos testados tem o desempenho previsto para utilização em parede interna segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013). Enquanto, os revestimentos com argamassa intermediária obtiveram as maiores resistências, o sistema de argamassa preparada em obra sem chapisco não atingiu os requisitos necessários para seu emprego. Já em relação aos custos identificou-se variações de até 61%. Analisando a relação de custo *versus* benefício, observa-se que o sistema com a melhor relação custo x desempenho foi de argamassa intermediária com chapisco, e aditivo PVA em seu traço.

Palavras-chave: Argamassa. Sistema de Revestimento. NBR 13528. Custo dos revestimentos de argamassa. Ensaio de arrancamento.

ABSTRACT

The mortar coatings are fundamental to ensure the quality of the building. The qualities of these coatings link to the quality of the construction as sealing and protect the construction surfaces, to prepare the surface to receive other layers and increase the thermoacoustic insulation. However, the choice of inappropriate materials and not made it in the proper manner may can lead to possible pathologies or lack of performance. In this work, the adhesion strength of nine types of mortar coatings systems, which are: mortar prepared on site, intermediate mortar and stabilized mortar, with variations in the presence of roughcast in the composition (modifying it whether the additive incorporating adherence in its composition, copolymers or PVA). Therefore, in order to investigate the performance of the systems, pullout tests were performed in situ (as adapted from NBR 13.528 (ABNT, 2019)), in a multifamily building, located in Joinville-SC. For the analysis of the costs attributed to the mortar coatings systems, data from the construction practices developed also in this building were used. The results obtained certify that eight of the nine types of mortar coatings systems tested have the performance expected for use on the internal wall according to NBR 13.749 (ABNT, 2013). Meanwhile, the mortar coatings systems with intermediate mortar obtained the highest strengths, and the mortar system prepared on site without roughcasting did not present the necessary requirements for its use. Regarding costs, variations of up to 61% were identified. Analyzing the cost x benefit criteria, it is observed that the system with the best cost x performance was of intermediate mortar with roughcast, with PVA additive in its composition.

Keywords: Mortar. Mortar coatings systems. NBR 13528. Mortar coatings cost. Pullout test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desprendimento do revestimento de argamassa	16
Figura 2– Camadas do revestimento de argamassa	19
Figura 3– Bloco de concreto e cerâmico utilizados como substrato para aplicação de revestimento em argamassa.....	22
Figura 4 – Adesão adequada entre o revestimento e substrato.....	23
Figura 5 – Resistência de aderência à tração com substratos e execução de chapisco como variáveis de execução.....	24
Figura 6 – Preparação da argamassa rodada em obra pela mão de obra.....	28
Figura 7 – Fluxograma dos processos para produção da argamassa preparada em obra.....	30
Figura 8 – Fluxograma dos processos para produção da argamassa industrializada.....	30
Figura 9 – Custos gerais em relação a argamassa preparada em obra e industrializada.....	32
Figura 10 – Comparação dos custos de materiais e de mão de obra entre as argamassas	32
Figura 11 – Argamassa estabilizada	33
Figura 12 – Taliscamento para aplicação da argamassa	35
Figura 13 – Execução das mestras.....	35
Figura 14 – Emassamento e espalhamento	36
Figura 15 – Sarrafeamento do emboço com régua de alumínio	36
Figura 16 – Incidência de manifestações patológicas de revestimento a curto prazo em diversas edificações	38
Figura 17 – Processos de deterioração dos revestimentos de argamassa.....	40
Figura 18 – Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas.....	41
Figura 19 – Vista em planta dos locais de realização do ensaio no <i>software Revit</i>	44
Figura 20 – Vista 3D dos locais de realização do ensaio no <i>software Revit</i>	44
Figura 21 – Sistemas de revestimento de argamassa testados no estudo e suas respectivas dosagens	45
Figura 22 – Execução do revestimento de argamassa no canteiro de obras	47
Figura 23 – Revestimento de argamassa finalizado no canteiro de obras.....	48
Figura 24 – Representação esquemática do ensaio de arrancamento	49
Figura 25 – Corte dos corpos de prova com uso de furadeira, serra-copo e gabarito.....	49
Figura 26 – Pastilhas metálicas circulares com resina epóxi	50
Figura 27 – Dispositivo metálico aplicados sobre os corpos de prova.....	50

Figura 28 – Encaixe do equipamento na pastilha do corpo de prova	51
Figura 29 – Movimentos manuais no equipamento para identificação da carga de ruptura	52
Figura 30 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco e o conjunto camadas (revestimento, cola e pastilha).....	53
Figura 31 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco e o conjunto camadas (revestimento, cola e pastilha)	54
Figura 32 – Ruptura identificada nos corpos de prova após realização do ensaio	55
Figura 33 – Ruptura identificada na parede de realização do ensaio.....	55
Figura 34 – Corpos de prova após o ensaio na AOCCC.....	58
Figura 35 – Corpos de prova após o ensaio na AOCCP	60
Figura 36 – Corpos de prova após o ensaio na AOSC.....	62
Figura 37 – Corpos de prova após o ensaio na AECCC	65
Figura 38 – Ruptura identificada nos corpos de prova da AECCP	67
Figura 39 – Corpos de prova após o ensaio na AESC	68
Figura 40 – Corpos de prova após o ensaio na AICCC	71
Figura 41 – Corpos de prova após o ensaio na AICCP.....	73
Figura 42 – Corpos de prova após o ensaio na AISC	74
Figura 43 – Resistência média de todas amostras e de apenas amostras aprovadas, de um mesmo tipo de argamassa de revestimento	77
Figura 44 – Influência do tipo de argamassa nas resistências a arrancamento do revestimento	78
Figura 45 – Influência do tipo de chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento	79
Figura 46 – Influência do tipo de argamassa e chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento	79
Figura 47 – Formas de ruptura predominante nos corpos de prova dos tipos de argamassa com a presença do chapisco	80
Figura 48 – Formas de ruptura dos corpos de prova conformes e não conformes, sem a presença do chapisco.....	81
Figura 49 – Teor de umidade média das paredes ensaiadas.....	83
Figura 50 – Comparação da resistência a tração com diferentes variações no chapisco nos revestimentos.....	84
Figura 51 – Esquema da linha de produção da argamassa preparada em obra	88
Figura 52 – Esquema da linha de produção da argamassa estabilizada.....	89
Figura 53 – Esquema da linha de produção da argamassa intermediária	91

Figura 54 – Esquema da linha de produção do chapisco	93
Figura 55 – Custo de material e mão de obra por metro quadrado dos revestimentos de argamassa	94
Figura 56 – Custo dos revestimentos de argamassa para 100 m ²	96
Figura 57 – Porcentagem do custo de material e mão de obra em revestimentos com chapisco	96
Figura 58 – Porcentagem do custo de material e mão de obra em revestimentos sem chapisco	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aspectos a serem considerados na definição do traço da argamassa	27
Quadro 2 – Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para camada única.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características dos aditivos adicionados ao chapisco.....	46
Tabela 2 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOCCC	57
Tabela 3 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOCCC	58
Tabela 4 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOCCP.....	59
Tabela 5 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOCCP.....	60
Tabela 6 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOSC	61
Tabela 7 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOSC	62
Tabela 8 – Resultados do ensaio de arrancamento na AECCC.....	64
Tabela 9 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AECCC.....	65
Tabela 10 – Resultados do ensaio de arrancamento na AECCP	66
Tabela 11 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AECCP	67
Tabela 12 – Resultados do ensaio de arrancamento na AESC.....	68
Tabela 13 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AESC.....	69
Tabela 14 – Resultados do ensaio de arrancamento na AICCC.....	71
Tabela 15 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AICCC.....	72
Tabela 16 – Resultados do ensaio de arrancamento na AICCP	72
Tabela 17 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AICCP	73
Tabela 18 – Resultados do ensaio de arrancamento na AISC.....	74
Tabela 19 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AISC.....	75
Tabela 20 – Características de todos os tipos de argamassa ensaiados	77
Tabela 21 – Tabela ANOVA para a influência do tipo de argamassa e chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento	78
Tabela 22 – Custo dos materiais da argamassa preparada em obra.....	87
Tabela 23 – Custo de mão de obra da argamassa preparada em obra.....	88
Tabela 24 – Custo da argamassa estabilizada.....	89
Tabela 25 – Custo de mão de obra da argamassa estabilizada	90
Tabela 26 – Custo dos materiais da argamassa intermediária.....	90
Tabela 27 – Custo de mão de obra da argamassa intermediária.....	91
Tabela 28 – Custo dos materiais do chapisco com aditivo PVA.....	92
Tabela 29 – Custo dos materiais do chapisco com aditivo de copolímeros.....	92
Tabela 30 – Custo de mão de obra do chapisco	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR – Norma Brasileira

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland

SBTA – Simpósio Brasileiro em Tecnologia de Argamassa

IBRACON – Instituto Brasileiro de Concreto

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

PVA – Acetato de polivinila

CP – Cimento Portland

AECCP – Argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo PVA

AECCC – Argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo de copolímero

AICCC – Argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo de copolímero

AESC – Argamassa estabilizada sem chapisco

AOCCC – Argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo de copolímero

AOCCP – Argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo PVA

AISC – Argamassa intermediária sem chapisco

AOSC – Argamassa preparada em obra sem chapisco

AICCP – Argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo PVA

SC – Saco

Ra – Resistência de aderência à tração ao substrato

F – Força de ruptura

A – Área do corpo de prova

GDL – Grau de liberdade

SQ – Soma quadrada

MQ – Média quadrada

p-value – Probabilidade (distribuição t de student)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1. OBJETIVOS	18
1.1.1. Objetivo Geral	18
1.1.2. Objetivos Específicos	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. SISTEMA DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO	19
2.1.1. Substrato	21
2.1.2. Chapisco	23
2.1.3. Argamassa	25
2.1.4. Tipos de Argamassas	28
2.2. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA.....	33
2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS	37
2.4. ADERÊNCIA	41
3. MÉTODO DE PESQUISA	43
3.1. ESCOLHA DO LOCAL DE INVESTIGAÇÃO	43
3.2. TIPOS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA UTILIZADOS	44
3.2.1. Traços utilizados	46
3.2.2. Execução do revestimento	47
3.3. ENSAIO DE ADERÊNCIA	48
3.3.1. Execução do ensaio de arrancamento	49
3.3.3. Forma de ruptura dos corpos de prova	53
3.3.4. Determinação do teor de umidade	55
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	57
4.1. ARGAMASSA PREPARADA EM OBRA	57
4.1.1. Parede com argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AOCCC)	57
4.1.2. Parede com argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo PVA (AOCCP)	59
4.1.3. Parede com argamassa preparada em obra sem chapisco (AOSC)	60
4.1.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa preparada em obra	63
4.4. ARGAMASSA ESTABILIZADA.....	64

4.2.1. Parede com argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AECCC)	64
4.2.2. Parede com argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo PVA (AECCP)	66
4.2.3. Parede com argamassa estabilizada sem chapisco (AESC)	67
4.2.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa estabilizada	69
4.3. ARGAMASSA INTERMEDIÁRIA	70
4.3.1. Parede com argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AICCC)	70
4.3.2. Parede com argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo PVA (AICCP)	72
4.3.3. Parede com argamassa intermediária sem chapisco (AISC)	74
4.3.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa intermediária	75
4.4. ANÁLISE DOS DIFERENTES SISTEMAS	76
4.4.1. Resistências de aderência médias dos revestimentos de argamassa	76
4.4.2. Formas de ruptura verificadas no ensaio	80
4.4.3. Variação do teor de umidade nas composições	82
4.5. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO NAS DIFERENTES ARGAMASSAS	83
4.5.1. Revestimentos sem o uso do chapisco	84
4.5.2. Revestimentos com o uso do aditivo PVA no chapisco	85
4.5.3. Revestimentos com o uso do aditivo de copolímeros no chapisco	85
4.6. CUSTOS ATRIBUIDOS AOS DIFERENTES TIPOS DE ARGAMASSAS	86
4.6.1. Custo dos materiais das argamassas	87
<u>4.6.1.1. Argamassa preparada em obra</u>	<u>87</u>
<u>4.6.1.2. Argamassa estabilizada</u>	<u>89</u>
<u>4.6.1.3. Argamassa intermediária</u>	<u>90</u>
4.6.2. Custo do chapisco de revestimentos argamassado	92
4.6.3. Compilado dos custos dos revestimentos de argamassa	94
5. CONCLUSÃO	98

1. INTRODUÇÃO

Segundo a NBR 15.575 (ABNT, 2013), prevê-se uma vida útil de projeto de no mínimo 50 anos para as edificações e 13 anos para sistema de revestimento interno aderido. Todavia, na maioria dos casos isto não se confirma e ao longo do tempo surgem manifestações patológicas das mais diversas naturezas. Segundo Pereira (2007) há vários relatos recentemente sobre manifestações patológicas em revestimentos de argamassa, em todo Brasil, independentemente de sua tipologia e composição. Normalmente, tem-se problemas em revestimento pela manifestação de efeitos físicos nocivos, tais como: desagregação, descolamento, vesículas, fissuração, aumento da porosidade e permeabilidade (CARASEK, 2010).

Na construção civil existem várias etapas que dependem da qualidade de uma atividade atrelada à sucessora. Um exemplo são os revestimentos de argamassa, que se constitui um sistema argamassado de chapisco, emboço e reboco (ou camada única) aplicados em camadas sob o substrato. Caso o mesmo não apresente os requisitos necessários ocorrerão manifestações patológicas, prejudicando o desempenho das próximas etapas construtivas e comprometendo assim a qualidade da edificação.

Cincotto et al. (1995) frisa que está na aderência do revestimento com suas camadas predecessoras, como chapisco ou o próprio substrato, a grande preocupação do revestimento de argamassa no quesito qualidade. Esta propriedade é bastante complexa, pois depende de grande número de fatores, tais como: as características dos materiais, substrato, as técnicas de execução e as condições de exposição dos revestimentos ao ambiente.

Em referência as manifestações patológicas encontradas nas argamassas, Carasek (2010) afirma que se pode caracterizar os problemas pela origem da fonte causadora: externa ao revestimento, como o processo de execução, a exposição a intempéries, as mudanças climáticas e a umidade de infiltração, e causas internas da própria argamassa, como a qualidade dos materiais utilizados e seu traço. Em relação ao desprendimento do revestimento (Figura 1), a mesma cita os principais responsáveis, em relação aos materiais utilizados: a adição de materiais não adequados, a eflorescência na interface argamassa-substrato e traços muito ricos em cimento.

Figura 1 – Desprendimento do revestimento de argamassa



Fonte: Gaspar et al. (2007).

Carasek (2010) ainda reforça a influência de diversificadas qualidades do revestimento com o fator humano. Segundo Gonçalves e Bauer (2005) o empirismo na execução desta tarefa causa uma grande variabilidade na aderência do revestimento, ocorrendo diferenças significativas quando se emprega uma mão de obra diferente e até mesmo em locais distintos executados pelo mesmo profissional. Além dos problemas executivos pode-se ressaltar problemas, como: grande rotatividade de profissionais na área da construção civil, a falta de fiscalização, de treinamento e controle de execução, fatores aos quais aumentam a probabilidade de falha no desempenho do revestimento.

Outro aspecto que prejudica o desempenho do reboco é o aumento da resistência a compressão exigida nos concretos empregados nas estruturas das construções com o tempo, devido a modificação dos requisitos de durabilidade exigidos pelo uso e o aumento do porte das edificações. Segundo Ceotto et al. (2005) foi necessário elevar a resistência à compressão do concreto, da ordem de 15 MPa a 18 MPa utilizados no passado para os atuais 30 MPa a 35 MPa, para atender as novas exigências de desempenho dos atuais formatos de construções. Isto prejudica a aderência das camadas do revestimento, visto que quanto mais resistente é o concreto, menor é a sua porosidade, o que compromete ainda mais a aderência dos revestimentos e das argamassas de fixação da alvenaria (HUANG et al., 2009).

Destaca-se também as variações de qualidade em decorrência do tipo de argamassa escolhida. Quando se opta pela argamassa mista dosada em obra há diversos fatores que podem

influenciar na variabilidade de resistência de aderência à tração, como o controle dos materiais e da dosagem, fatores que se espera uma maior precisão dos fornecedores, em produtos industrializados (GONÇALVES; BAUER, 2005).

Outras condições que ocorrem no Brasil e provocam uma alta variabilidade na produção do revestimento são citadas por Paravisi (2007), como a falta de uma gestão mais efetiva e de uma visão sistêmica, assim como, os baixos níveis de racionalização e industrialização da produção de revestimento de argamassa, despreparo da mão de obra e ineficácia e/ou inexistência de projetos ou planejamentos. Estes colaboram para índices insatisfatórios de produtividade e perdas, além de problemas de qualidade do produto.

Assim como a qualidade, o custo também é um fator com grande peso para a escolha da melhor composição de revestimento de argamassa por construtoras e empreiteiras. Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP (2002), os revestimentos representam uma parcela significativa do custo da construção de edifícios. Este sistema construtivo representa cerca de 10 a 30% do custo total de uma edificação, dependendo do tipo da edificação e do seu padrão construtivo (Revista Construção Mercado, 2003). Com isso, se faz necessário a análise global, tanto da qualidade quanto do custo atrelado a atividade, para uma escolha mais adequada da composição de revestimento de argamassa a ser utilizado, onde diversos fatores, como citados anteriormente apresentam influência direta no produto final.

Todavia, Baía e Sabattini (2008) ressaltam que vem crescendo, por parte da indústria da construção civil, a busca por um desenvolvimento tecnológico focado no incremento das propriedades mecânicas, de durabilidade e na redução dos custos dos processos construtivos. Pereira (2007) cita que as construtoras estão substituindo o empirismo atrelado ao processo construtivo por conceitos de base científica, buscando diminuir o elevado índice de fenômenos patológicos e desperdícios, e conseqüentemente aumentando sua posição competitiva no mercado, porém ainda há, em grande quantidade, edificações que apresentam patologia nos revestimentos.

Diante de tais considerações, torna-se relevante o estudo de desempenho e do custo de diferentes tipos de argamassas utilizadas na execução de sistema de revestimento. Para isto avaliou-se a influência da composição na resistência à tração e os custos de material e mão de obra para a realização destes sistemas construtivos.

1.1. OBJETIVOS

A fim de verificar a influência do tipo da argamassa, do chapisco no desempenho de revestimentos argamassado, desenvolveu-se um programa experimental para avaliar o principal indicador de qualidade dos revestimentos - a resistência de aderência à tração. Para isso, foram analisadas variações de desempenho em nove (09) configurações de sistema de revestimento, com alteração dos materiais utilizados e da presença do chapisco na composição.

1.1.1. Objetivo Geral

Análise da resistência de aderência à tração e do custo de nove composições diferentes de argamassas, utilizadas na execução de revestimento sobre alvenaria de vedação em tijolo cerâmico. Para isto realizou-se verificações, ensaios e levantou-se quantitativos no canteiro de obras de um edifício multifamiliar localizado em Joinville-SC.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Determinar a resistência de aderência à tração de diferentes tipos de argamassas de revestimento e realizar comparações das mesmas;
- Analisar o modo de rupturas das amostras de argamassa no ensaio de resistência de aderência à tração;
- Estimar e comparar os custos de mão de obra e materiais atrelados às diferentes composições de argamassas de revestimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

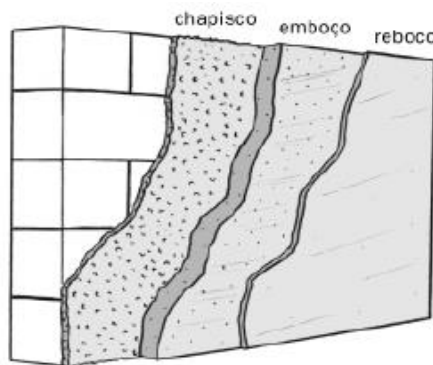
Neste trabalho, o enfoque é o sistema de revestimento argamassado, avaliando seu desempenho através da análise de sua aderência, assim como os custos designados para cada composição de revestimento utilizado. A fundamentação teórica necessária para o entendimento e utilizada para a elaboração desta pesquisa será apresentada a seguir.

2.1. SISTEMA DE REVESTIMENTO ARGAMASSADO

Segundo a ABCP (2002) entende-se como revestimento de argamassa uma ou mais camadas superpostas, normalmente com espessura uniforme que protege uma superfície porosa (substrato), resultando em uma superfície apta a receber sua designada decoração final. Outras funções importantes do revestimento são: integrar o sistema de vedação dos edifícios, sendo um isolante termo acústico, aproximadamente 30% e 50% de atenuação, respectivamente, proporcionar a estanqueidade de água, aproximadamente entre 70 a 100%, segurança ao fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais (ABCP, 2002; BAÍA; SABBATINI, 2008; CARASEK, 2010). Além disto, protege a alvenaria e a estrutura da ação de intemperismos e, regulariza a superfície dos elementos de vedação para acabamentos finais, como outros revestimentos presentes no projeto arquitetônico, favorecendo a estética da edificação.

Sendo assim, para proporcionar paredes com bom acabamento e maior durabilidade, é aplicado um revestimento sobre o substrato (na maioria dos casos, tijolo). O sistema de revestimento de paredes comumente empregado no Brasil é o de argamassa. Este é composto por chapisco, emboço e reboco, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2– Camadas do revestimento de argamassa



Fonte: ABCP (2002, p. 4).

Segundo a NBR 13.529 (ABNT, 2013), o chapisco é a primeira camada do revestimento, podendo ou não ser utilizada. A mesma é aplicada sobre o substrato com a finalidade de preparo da base, de forma contínua ou descontínua, assim uniformizando a superfície quanto à absorção, melhorando a aderência do revestimento e aumentando sua rugosidade. Já o emboço é a camada de revestimento executada com o intuito de cobrir e regularizar a superfície da base ou chapisco, propiciando uma superfície que permita receber a próxima camada, podendo ser o reboco ou de revestimento decorativo. Por fim, têm-se como última camada o reboco, no qual é a camada de revestimento designada para cobrimento do emboço, garantindo uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou sendo o mesmo, o próprio acabamento final.

Segundo Carvalho (2016), é importante uma análise de maneira sistêmica, observando-se que o desempenho deverá ser do sistema e não somente do produto argamassa. Assim, existe a necessidade de compatibilização entre os diversos elementos dos subsistemas da edificação, para que o todo trabalhe com eficiência. Com destaque para:

- a. superestrutura de concreto, onde atualmente buscam-se altas resistências e superfícies cada vez mais lisas, o que gera o incremento da possibilidade de deformações, acomodações e descolamentos dos revestimentos;
- b. alvenaria, que é a maior área da edificação a ser revestida, como base para o revestimento e deve ter conformidade química e mecânica com a argamassa empregada;
- c. o revestimento, que deve ter suas camadas compatibilizadas entre si.

Sobre as dificuldades encontradas para a obtenção de parâmetros de controle e desempenho das propriedades das argamassas de revestimento Araújo Junior (2004) e Gonçalves (2004) exemplificam as seguintes peculiaridades:

- a. a forma de aplicação da argamassa ocorre manualmente, o que afeta a uniformidade, visto que a mão de obra varia ao longo da execução da atividade, sendo assim, esta é uma grande responsável pela alta variabilidade de resistência de aderência à tração;
- b. as propriedades das argamassas no estado fresco, sendo sua plasticidade e consistência específicas e diferenciadas. Estas propriedades tem grande influência para com as demais propriedades do revestimento;
- c. o desconhecimento de padrões de análise, a exemplo quais as propriedades devem ser estudadas e quais os métodos devem ser usados para se verificar o

comportamento ou desempenho, ou mesmo para realizar a especificação de uma argamassa para uma determinada aplicação;

- d. e o grande número de fatores intervenientes, como: o preparo da base de aplicação, a composição do substrato, os materiais presentes das argamassas, sua dosagem, também, interferem nas propriedades dos revestimentos.

Bastos (2001) ressalta que fenômenos patológicos de diversas naturezas ocorrem frequentemente em um revestimento, resultando em acidentes, prejuízos e uma estética do edifício desagradável para os usuários. Com isso, ao executar o revestimento de uma parede espera-se o cumprimento dos seus requisitos de qualidade e que ele não venha a apresentar fissuração que comprometa o seu desempenho, principalmente quanto à permeabilidade e aderência à base. Carasek (1996) também reforça que a falta ou perda do desempenho do revestimento normalmente acarreta prejuízos econômicos importantes, muitas vezes afetando a integridade das construções, causando eventuais prejuízos a habitabilidade e ao conforto, além de ocasionar o comprometimento estético da edificação.

Para os revestimentos alcançarem o desempenho satisfatório, é importante que os materiais empregados sejam especificados, assim como a execução do sistema construtivo atendam as normas técnicas vigentes.

2.1.1. Substrato

O sistema de revestimento é aplicado sobre uma base ou substrato (paredes e tetos) ao qual deve-se formar um conjunto bem aderido e contínuo, ao qual necessita ser adequado a usualidade e preparados previamente para receber o revestimento e assim atender o desempenho global. Para compor uma solução satisfatória no âmbito geral deve-se utilizar elementos que tenham a adequabilidade necessária, atendendo-se os quesitos que permitam uma execução satisfatória e um bom desempenho (BAUER, 2005).

Dentre os substratos mais utilizados têm-se: tijolo cerâmico, bloco de concreto (Figura 3), blocos cerâmicos, concreto armado, dentre outros, podendo os três primeiros desempenhar função estrutural ou não. A tipologia do substrato está diretamente relacionada com a capacidade de aderência do revestimento, onde sua rugosidade aparente é o fator determinante (CARASEK, 2010).

Figura 3– Bloco de concreto e cerâmico utilizados como substrato para aplicação de revestimento em argamassa

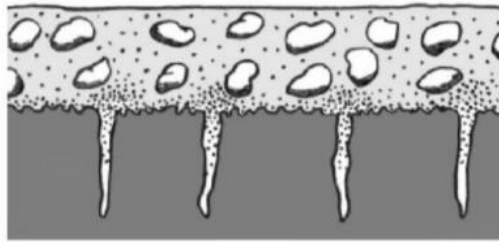


Fonte: autora (2019).

Quanto maior for o contato na interface substrato-argamassa maior será a aderência, devido aos mecanismos de ligação desencadeados. Deve-se então primeiramente haver a especificação do tipo do material que servirá como base, visto que, a aderência é dependente dos dois materiais, substrato e revestimento (CARASEK, 2010).

Considerando-se que o processo de aderência se inicia imediatamente após o contato da argamassa com o substrato, chamada de adesão inicial, devido ao movimento da água em direção à base por sucção capilar. Portanto, além das características das argamassas, as características e propriedades dos substratos são fatores relevantes na resistência de aderência das argamassas (CARASEK et al., 2001 e VIEIRA et al., 2005). Segundo Veiga (2003), alguns substratos oferecem boas condições de aderência (Figura 4) quando no mesmo há uma superfície texturizada com sucção média e homogênea, já os substratos de concreto, frequentemente tem problemas de aderência.

Figura 4 – Adesão adequada entre o revestimento e substrato



Fonte: Fonte: ABCP (2002, p. 8).

Ruduit (2009) expõe alguns fatores que influenciam diretamente a falta de aderência dos revestimentos de argamassa ao substrato, tais como:

- má preparação da base;
- má qualidade dos materiais utilizados;
- excesso de espessura do emboço ou do reboco;
- má aplicação do chapisco;
- ausência da cura adequada do revestimento.

2.1.2. Chapisco

Segundo Ioppi (1995), o chapisco é designado para a regularização da capacidade de absorção de água da superfície e melhorar a aderência da camada seguinte devido ao aumento da rugosidade. Normalmente é uma camada contínua ou descontínua aplicada diretamente sobre a base de revestimento.

Além disso, o chapisco melhora a aderência entre o revestimento pois proporciona uma maior facilidade de penetração da pasta de cimento na base a ser revestida (CRUZ, 2015). A NBR 7.200 (ABNT, 1998) ainda afirma que o chapisco tem como característica espessura irregular e é uma etapa de preparação do substrato para receber, em sua maioria, o emboço e não é considerado como uma camada do revestimento.

Segundo a NBR 7.200 (ABNT, 1998) o chapisco pode ou não ser utilizado, dependendo da natureza da base. Sendo assim, seu uso é indicado quando a base a ser revestida apresentar baixa aderência ou não apresentar rugosidade superficial.

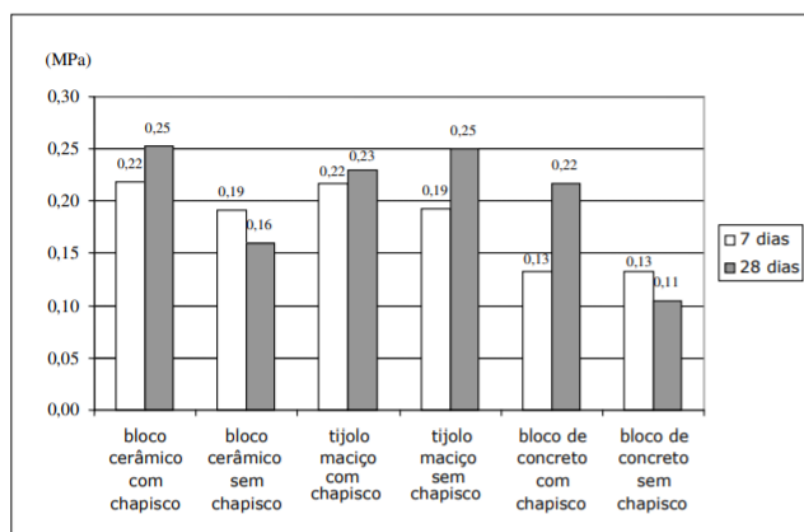
Segundo Souza e Mekbekian (1999) a alvenaria não necessita obrigatoriamente do chapisco, visto que o tijolo possui relevos e porosidade que auxiliam na aderência. Porém, em

condições adversas como, quando executam-se espessuras de revestimento muito grandes e quando a sucção na base não for adequada para a argamassa, nesses casos pode-se utilizar o chapisco ou modificar o traço para que as condições do substrato sejam favoráveis. Já em bases de concreto armado, como pilares e vigas, se faz necessário a utilização do chapisco por se tratar de uma superfície lisa, onde sua área de contato é pouco rugosa, dificultando a aderência da argamassa.

Carvalho (2016) cita a obrigatoriedade da utilização do chapisco em elementos estruturais em concreto, pois a finalidade do mesmo será de suprir a baixa capacidade de absorção de água destes elementos, proporcionando uma adequada aderência entre a argamassa e substrato correspondente. Já para os casos em que há utilização de alvenaria de concreto, Bauer (2005) explica que o chapisco tem uma função distinta, de diminuir a intensidade do transporte de água das argamassas para o substrato.

Estas evidências são tratadas no estudo de Kazmierczak (2007) que ressalta a importância do chapisco. No qual cita casos em que foram realizadas comparações de ensaios de aderência entre bases com diferentes substratos chapiscados e sem chapisco, onde a primeira teve um acréscimo significativo no valor da resistência de aderência à tração do sistema, tanto em blocos cerâmicos quanto em blocos de concreto (Figura 5). Concluindo que o mesmo contribui efetivamente com aderência do revestimento argamassado.

Figura 5 – Resistência de aderência à tração com substratos e execução de chapisco como variáveis de execução



Fonte: Kazmierczak et al. (2007).

2.1.3. Argamassa

Para Carasek (2010), tem-se na argamassa propriedades de aderência e endurecimento, que são providas pela mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, como o agregado miúdo e a água, algumas vezes contendo aditivos e adições minerais. Na argamassa de revestimento, em sua maioria, composta dos materiais: cimento, cal, areia, água, aditivos, adições, além da presença do ar incorporado em sua composição.

Em relação aos materiais específicos presentes na mistura da argamassa, Carvalho (2016) cita que o cimento age aglomerando os componentes e fornece a resistência da mistura, já a cal também aglutina as partículas, e como não consome água para desenvolver suas reações tem um tamanho reduzido, auxiliando na trabalhabilidade e consistência da mistura. Já a pasta de cimento, composta por cimento e água, tem função de preencher os vazios granulométricos do agregado miúdo na mistura. Sendo assim, com o agregado pode-se proporcionar um aumento ou diminuição da densidade da mistura, controlar a retração, além de auxiliar na resistência e provocar a redução do custo.

Carvalho (2016) também pondera sobre a função da água na mistura, a qual propicia consistência e fluidez, além de permitir o contato inicial entre as partículas. A água é agente direto na hidratação do cimento e também proporciona a trabalhabilidade da mistura. Já o que se espera no comportamento do ar depende da usualidade da argamassa, pois este pode provocar mudanças na trabalhabilidade no estado fresco e afetar a porosidade no estado endurecido.

Por fim, as argamassas ainda podem receber o emprego de adições e aditivos. Segundo a NBR 13.529 (ABNT, 2013) as adições podem ser: o pó calcário, saibro e materiais pozolânicos, que são materiais inorgânicos naturais ou industriais adicionados às argamassas com o intuito de modificar as suas propriedades. A NBR 13.529 (ABNT, 2013) também define aditivo como o “produto adicionado à argamassa em pequena quantidade, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedades, no estado fresco ou endurecido” (NBR 13.529 (ABNT, 2013, p. 8)).

Ainda, há aditivos compatíveis com o cimento Portland que podem compor a mistura da argamassa para obtenção de propriedades específicas necessárias e segundo Lucchese (2016) as construtoras utilizam-se muito destes, como os polímeros de dispersão aquosa. Estes tipos de aditivo, a depender do tipo, incorporam algumas propriedades as argamassas tais como: permeabilidade, resistência a desgaste à abrasão, módulo de elasticidade e aderência (LAVELLE (1998), OHAMA (1984) e CHERKINSKSY (1970) *apud* GODOY e BARROS, 2000, p. 6)).

Um exemplo de aditivo polimérico sintético é o acetato de polivinila (PVA) e sua utilização proporciona vantagens como, menor custo, boa capacidade de moldar-se, peso específico reduzido (BUENO, 2000). Silva et al. (2015) indicam melhora na adesividade e trabalhabilidade nos traços com a presença de PVA; e Lucchese (2016) cita a redução na relação água/cimento pela incorporação do aditivo, o que torna atrativo para utilização em canteiro de obras.

Outro material também com dispersão aquosa são os copolímeros, os quais tem-se no mercado produtos desenvolvidos para auxílio na impermeabilização (LUCCHESE, 2016). Segundo Cestari (2001) as modificações das argamassas com o látex proporcionam uma grande adesão a diversos substratos, inicialmente e após a construção do elemento, assim como, o aumento na resistência à tração e à flexão, se comparadas as argamassas convencionais.

Em relação a dosagem da argamassa e os materiais constituintes Baía e Sabbatini (2008) citam alguns pontos importantes que devem ser analisados no momento da escolha e mistura (Quadro 1).

Quadro 1 – Aspectos a serem considerados na definição do traço da argamassa

MATERIAIS	ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NA COMPOSIÇÃO E DOSAGEM
Cimento	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de cimento e classe de resistência • disposição e • custo • comportamento da argamassa produzida com cimento
Cal	<ul style="list-style-type: none"> • tipo de cal • forma de produção • massa unitária • disposição e custo • comportamento da argamassa produzida com cal
Areia	<ul style="list-style-type: none"> • granulometria • dimensões do agregado • forma e rugosidade superficial dos grãos • massa unitária • inchamento • impurezas orgânicas • comportamento da argamassa produzida com areia
Água	<ul style="list-style-type: none"> • características dos componentes da água, quando essa não for potável
Aditivos	<ul style="list-style-type: none"> • tipo do aditivo • finalidade • comportamento da argamassa produzida com a adição • disponibilidade, manutenção das características e custo

Fonte: adaptado de Baía e Sabbatini (2008, p. 37).

Segundo Carasek (2010), dispõe-se nas argamassas diversas propriedades, tais como: aderência, resistência mecânica, trabalhabilidade, retração, permeabilidade à água e capacidade de absorver deformações, algumas destas essenciais, para que a mesma possa satisfazer às suas designadas funções.

Uma problemática pertinente a dosagem da argamassa também é citada por Carasek (2010): a utilização em larga escala de traços pré-fixados, baseados em normas e documentos elaborados por instituições técnicas, que muitas vezes não são os mais adequados para a

situação em questão, diferentemente do emprego de métodos consagrados de dosagem do concreto. Isto demonstra que o construtor atribui ao revestimento uma menor responsabilidade aparente, fator que pode ocasionar problemas a longo prazo.

2.1.4. Tipos de Argamassas

Baía e Sabbatini (2008) apontam que existem vários tipos de argamassas utilizada em revestimentos, diferenciadas em suas formas de preparo, são estes: preparada em obra e industrializada.

Já Kebhard e Kazmierczak (2017) classificam as argamassas em três gerações. Na primeira geração tem-se as preparadas em obra, na segunda geração as semi-industrializadas e atualmente (terceira geração) as industrializadas (estabilizadas). Ressaltando que na segunda geração a argamassa vem pré-misturada e na terceira geração a mesma já vem pronta, de acordo com o traço elaborado pelo fabricante (TREVISOL JUNIOR et al., 2015).

Segundo Paravisi (2007) a argamassa preparada em obra predomina como o sistema de produção de revestimento mais tradicional e utilizado no Brasil. O mesmo tem predominância de operações manuais, tanto na dosagem quanto na execução (Figura 6).

Figura 6 – Preparação da argamassa rodada em obra pela mão de obra



Fonte: Degraus (2017).

Em relação a argamassa dosada em obra, Ribas e Carvalho Júnior (2007) citam como desvantagem o baixo grau de precisão na dosagem dos materiais, em sua maioria utilizando volumes inadequados. Isso, resulta em proporções inadequadas e na falta de propriedades necessárias, fatores que comprometem o desempenho das argamassas e facilitam o surgimento

de problemas patológicos, além do aumento dos custos de produção. Santos (2005) recomenda maior atenção neste processo produtivo, pois há um grande risco de ocorrer falhas na produção comprometendo sua qualidade e durabilidade.

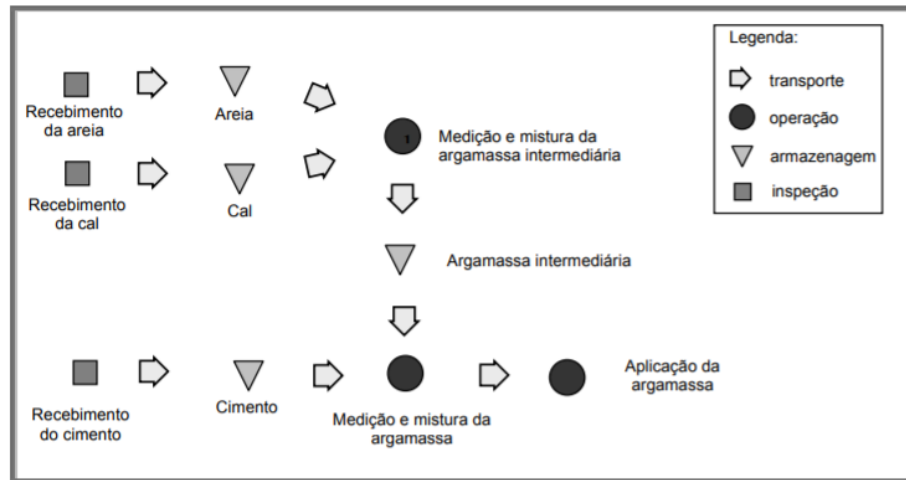
A argamassa semi-industrializada, na região chamada de intermediária, resulta de uma evolução a argamassa preparada em obra, porém com aspectos semelhantes (como necessidade de mistura de alguns materiais no canteiro de obras), a mesma também é chamada de “massa pronta”, “semipronta”, “preparada para a mistura”, “argamassa mista”. Para Guimarães (2002) esta é caracterizada como um tipo de argamassas industrializadas onde executa-se sua mistura e maturação da areia e da cal previamente.

Segundo Silva (2019) a argamassa intermediária é fornecida em um processo intermediário entre a fabricação absoluta em canteiro de obras e a plena industrialização. Com relação ao transporte em sua maioria é realizado em granel por caminhões caçambas, providos de diversos fornecedores diferentes.

Paravisi (2008) descreve as diferenças do processo de produção da argamassa preparada em obra e da argamassa industrializada. A primeira exige um planejamento maior da etapa de produção. Isto ocorre porque o método de produção de argamassa em obra possui um maior número de atividades envolvidas, tornando-se um processo mais complexo e que exige um maior controle para garantia da qualidade final.

Regattieri e Silva (2003) demonstram que o uso de argamassa industrializada contribui para a racionalização desse subsistema em comparação entre os dois processos de produção, gerando um aumento da competitividade por parte de seus adeptos na área da construção civil. A diferença na produção de cada tipo de argamassa pode ser verificada no fluxograma dos processos produtivos da argamassa dosada em obra e industrializadas (Figura 7 e 8).

Figura 7 – Fluxograma dos processos para produção da argamassa preparada em obra



Fonte: Regattieri e Silva (2003, p. 2).

Figura 8 – Fluxograma dos processos para produção da argamassa industrializada



Fonte: Regattieri e Silva (2003, p. 2).

Entretanto para as argamassas industrializadas do tipo intermediária (a granel), o fluxo de produção se limita ao recebimento do material misto de areia e cal, e sua mistura com cimento e água. Eliminando-se a etapa de recebimento da areia e a cal separadamente, assim como a necessidade de dosagem de três materiais na mistura (cal, areia e cimento). Regattieri, Silva (2003) e Barbosa et al. (2010) citam diversas vantagens na utilização das argamassas industrializadas, tais como:

- Limpeza das edificações;
- Minimizados os desperdícios (redução de até 80% das perdas em relação a argamassa rodada em obra);
- Menor geração de resíduo, fator que contribui para a sustentabilidade na construção civil (evolução ainda vagarosa em comparação a outras áreas de atuação);
- Dispensa mão de obra para transporte dos insumos;

- Menor utilização de espaço no canteiro, visto que não há necessidade de locais para estocagem de materiais para a produção da argamassa, como a areia (SILVA; NAKAKURA, 2001);
- Alto controle da qualidade;
- Avanço tecnológico em relação a equipamentos e matérias-primas (onde pesquisadores desenvolvem argamassas especiais para cada uso e visão uma maior qualidade final).

Ribas e Carvalho Júnior (2007) também indicam que a industrialização na área da construção civil oferece ganhos potenciais em produtividade. Silva e Nakakura (2001) apontam que a utilização da argamassa industrializada resulta em uma produtividade 11,6% maior que a argamassa produzida em obra, Barrêto Neto et al. (2018), Daré e Souza (2014) citam 39% e 20% respectivamente, analisando-se a homem-hora por metro quadrado. Segundo Regattieri e Silva (2003), estes ganhos em produtividade acarretam redução de prazos de execução, custos de mão de obra e até custos indiretos.

Os autores, Regattieri e Silva (2003), ainda afirmam que se atrelados a industrialização da argamassa e sistemas independentes de transporte, reduz-se as interferências com outros serviços. Isto implica em um aumento da produtividade não somente desta atividade, mas de todo o canteiro de obras, visto que é comum o desenvolvimento de diversas atividades em um mesmo momento.

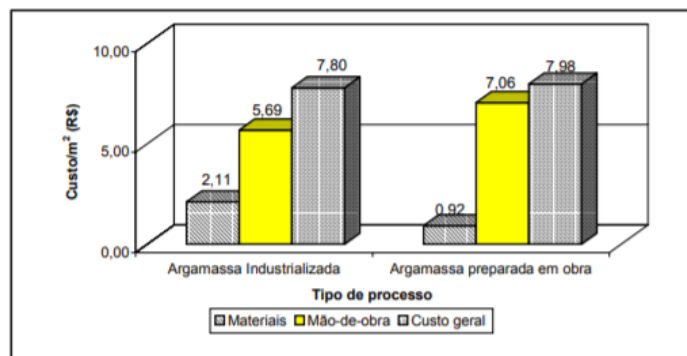
A grande desvantagem da argamassa industrializada está no custo conforme as Figuras 9 e 10 (SILVA; NAKAKURA, 2001). O uso de argamassas industrializadas, tem-se custos 129% maiores em relação ao custo do material, porém um custo menor em relação a mão de obra (-19,4%). Isto resulta em uma economia geral de 2,3% e pode-se obter valores mais significativos, visto que os desperdícios não foram contabilizados e o mesmo é mais acentuado em argamassas preparadas em obra, como na perda de areia (localizadas em locais descobertos) pela ação da água da chuva, entre outros.

Figura 9 – Custos gerais em relação a argamassa preparada em obra e industrializada

Custo	Argamassa Preparada em Obra	Argamassa Industrializada	Diferença
Materiais/m ²	0,92	2,11	+129,0%
Mão-de-obra/m ²	7,06	5,69	-19,4%
Geral	7,98	7,80	-2,3%

Fonte: Silva e Nakakura (2001).

Figura 10 – Comparação dos custos de materiais e de mão de obra entre as argamassas



Fonte: Silva e Nakakura (2001).

Com a evolução na área da construção civil, Bauer et al. (2015) cita que se chegou a terceira geração, a mais tecnológica, e seu principal produto é a argamassa estabilizada, uma mistura de cimento e areia, e em alguns casos com a presença de incorporadores de ar e aditivos estabilizantes de cura.

Estas argamassas são produzidas em usinas e chegam no canteiro de obras pronta para uso, com extensão do tempo de trabalhabilidade, variando de 12h à 72h. Bauer et al. (2015) ainda reforçam que é necessário maior cuidado pela central fornecedora com a dosagem destas do que com os concretos, pois fatores como a sensibilidade do comportamento dos materiais e o traço, além do desempenho que a mesma deve apresentar e a falta de normativa específica dificultam a produção.

Segundo Macioski et al. (2013) a sua utilização vem aumentando no Brasil nos últimos anos, pois a mesma impulsiona dois requisitos primordiais para construtoras: maior produtividade e racionalização de obras. Mas, segundo Casali et al. (2013), ainda existem muitas dúvidas sobre o desempenho desta, principalmente por ser um produto novo no Brasil.

Diversos autores comprovam que o maior diferencial das argamassas estabilizadas (Figura 11) sobre as demais é a facilidade de o produto estar pronto para o uso (CASALI, 2011;

MANN NETO et al., 2010; MARCONDES, 2009; MANN NETO; DJANIKIAN, 1999; SANTOS, 2012; SILVA, 2008). Todavia, sua grande desvantagem é a inexistência de domínio da tecnologia no mercado brasileiro.

Figura 11 – Argamassa estabilizada



Fonte: Gettymages (2019).

Afim de complementar as vantagens e diferencial da argamassa estabilizada, tem-se o destaque de redução do tempo de espera, por parte da mão de obra para sua utilização, principalmente no começo do dia de serviço, pois a mesma já se encontra pronta, sem necessidade de mistura final. Também não se faz necessário profissionais no canteiro de obras para realizar seu recebimento e mistura, somente para execução. Já sua estocagem se dá em caixas apropriadas e caso as mesmas estejam localizadas em pontos estratégicos da obra tem-se mais um aumento na produtividade e mínima interferência em espaços no canteiro.

2.2. EXECUÇÃO DO REVESTIMENTO DE ARGAMASSA

Fiorito (2009) cita que os elementos de um revestimento terão maior ou menor grau de aderência em função dos cuidados que a mão de obra tem na execução e preparação das superfícies, que irão receber as camadas subsequentes. Segundo a NBR 7.200 (ABNT, 1998) existe a necessidade de um projeto para execução do sistema de revestimento de argamassa.

Neste projeto deve conter informações como: tipos de argamassa e respectivos parâmetros para definição dos traços, número de camadas, espessura de cada camada,

acabamento superficial e tipo de revestimento decorativo. Também se define o procedimento detalhado de execução, ao qual possui algumas etapas que devem ser seguidas:

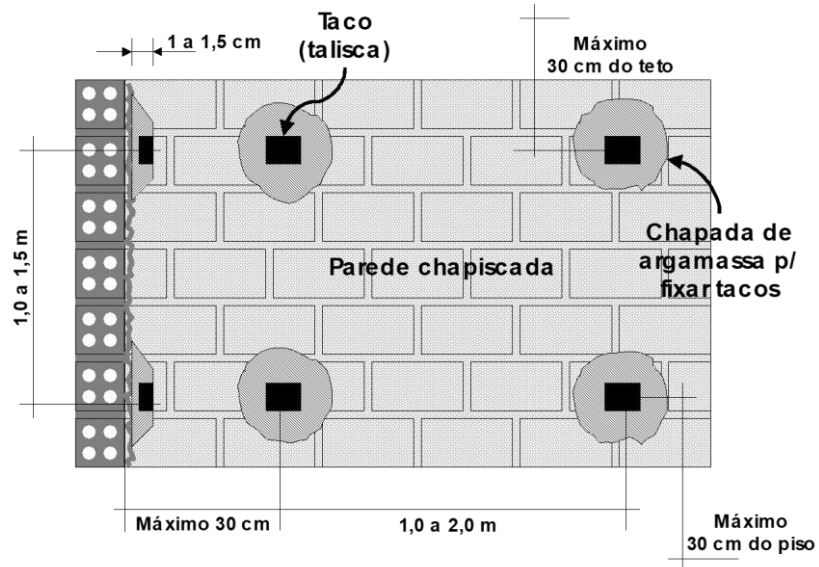
- Preparação da base do revestimento, contendo: verificação das condições do substrato, correção das irregularidades e limpeza;
- Aplicação do chapisco (se necessário);
- Execução de emboço ou revestimento de camada única (usado na grande maioria das vezes nas edificações);
- Execução do reboco (caso não sejam revestimentos de “camada única”).

Conforme Souza e Mekbekian (1999), antes da execução do revestimento de argamassa devem estar finalizadas atividades como a alvenaria, batentes, contramarco e as instalações (elétrica, hidrossanitária) se as mesmas forem embutidas na alvenaria. Caso isso não ocorra, será necessário quebrar o local do revestimento na parede (para colocação das instalações) e refazê-lo, resultando em retrabalho, maiores custos e diminuição na qualidade do revestimento.

A seguir é descrito um breve passo a passo da realização do revestimento de argamassa, conforme Fiorito, 2009; Souza; Mekbekian, 1999; Zulian et al., 2002 e a NBR 7.200 (ABNT, 1998) e práticas adotadas por construtoras locais.

- a. Realizar a limpeza do substrato e molhar toda a superfície;
- b. Preparar o traço do chapisco, caso utilizado, na proporção de 1:3 (em volume) de cimento e areia grossa;
- c. Aplicar de uma maneira irregular a argamassa do chapisco (utilizado em média 5mm de espessura);
- d. Aguardar o endurecimento do chapisco, conforme NBR 7.200 (ABNT, 1998) no mínimo 3 dias para a aplicação da camada subsequente;
- e. Assentar as taliscas (Figura 12);

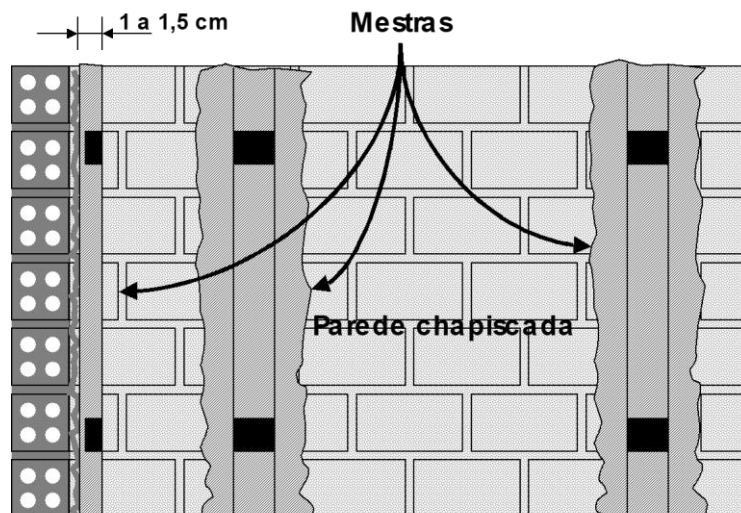
Figura 12 – Taliscamento para aplicação da argamassa



Fonte: Zulian et al. (2002, p. 3).

f. Executar as guias mestras (Figura 13);

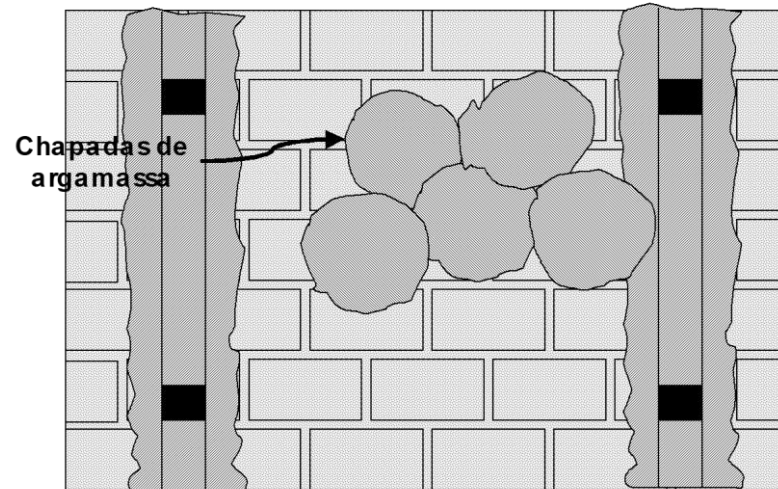
Figura 13 – Execução das mestras



Fonte: Zulian et al. (2002, p. 4).

g. Aplicar o emboço (Figura 14), respeitando o limite de espessura definido pelas mestras e NBR 13.749 (ABNT, 2013);

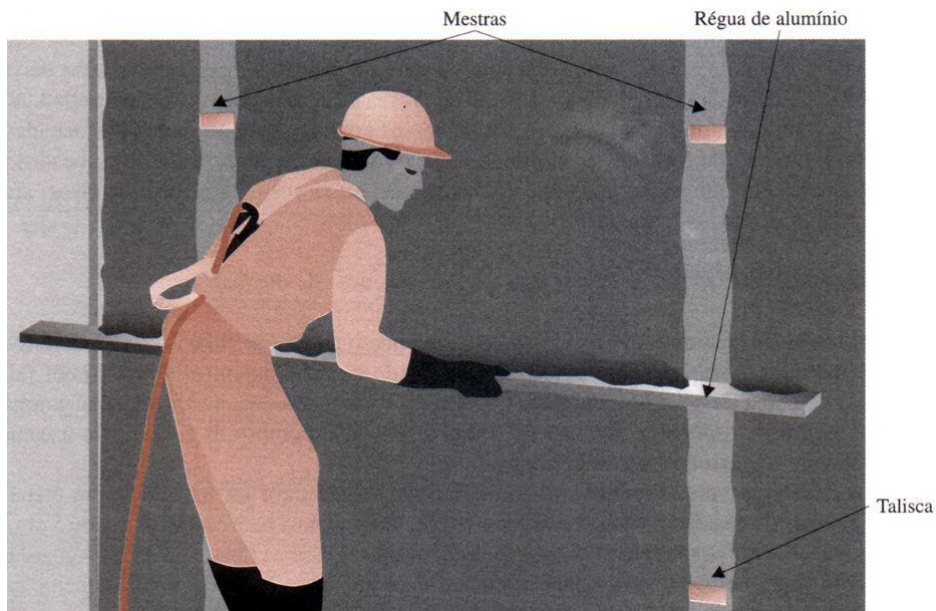
Figura 14 – Emassamento e espalhamento



Fonte: Zulian et al. (2002, p. 5).

- h. Iniciar o sarrafeamento com régua de alumínio ou de madeira (Figura 15), de baixo para cima, retirando o excesso, seguindo as mestras e cruzando a régua entre as mestras para que plano fique em prumo e com acabamento adequado;

Figura 15 – Sarrafeamento do emboço com régua de alumínio



Fonte: Total construção (2019).

- i. Desempenar a argamassa em movimentos circulares retirando os excessos que a régua de alumínio não conseguiu retirar com a trincha;

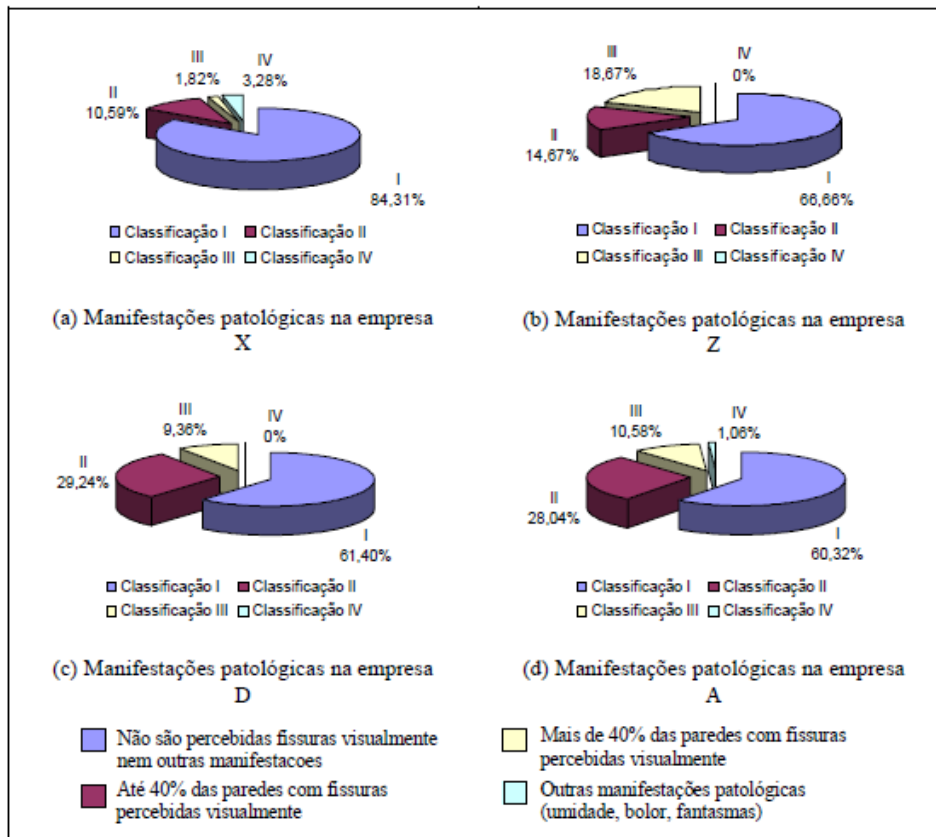
- j. Caso não seja revestimento de camada única, após 7 dias da aplicação do emboço, pode-se realizar a camada final do revestimento, o reboco. Uma pequena camada aplicada com desempenadeira de mão, comprimindo-a contra a parede, arrastando de baixo para cima. A prática dá o acabamento alisado desejado, a depender do tipo de finalização que o revestimento receberá, tais como: pintura, revestimento cerâmico, textura e outros.

Como descrito nota-se o empirismo na execução da atividade e o fator mão de obra determinante no desempenho final da mesma. Segundo Costa (2005) por se tratar de etapas manuais, a habilidade do operador tem grande influência na qualidade, sendo suscetível a falhas pela não uniformidade da energia de aplicação empregada e conseqüentemente pela não adesão completa à base. Sendo assim, podem ocorrer variações no desempenho a depender do pedreiro que executará e até mesmo execuções do mesmo operário, pois sua disposição física e sua prática com o serviço também é determinante, isto é, o aprendizado é adquirido com a repetição das atividades. Paravisi (2007) reafirma que o processo de aplicação da argamassa permanece muito dependente da mão de obra.

2.3. MANIFESTAÇÕES PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS

Segundo Baía e Sabbatini (2008), quando o produto não atinge o limite de desempenho mínimo esperado, ocorre a manifestação patológica. As principais em revestimentos de argamassa são: descolamento entre a camada de reboco e emboço, descolamento da argamassa de revestimento do substrato (CARASEK et al., 2005; CEOTTO et al., 2003; NASCIMENTO et al., 2003 e 2005; VEIGA, 2003), formação de manchas de umidade com desenvolvimento de bolor, e o aparecimento de trincas e fissuras (BAÍA; SABBATINI, 2008). Segundo Costa (2005), pode-se verificar a perspectiva do aparecimento de algumas manifestações patológicas nos revestimentos das obras em questão (Figura 16).

Figura 16 – Incidência de manifestações patológicas de revestimento a curto prazo em diversas edificações



Fonte: Costa (2005, p. 155).

Então, destacando-se as patologias relacionadas a presença de trincas e fissuras, que podem estar atreladas a diferentes atividades em uma obra e que possui influência direta das técnicas construtivas específicas empregadas. Entretanto, se a mesma é verificada em revestimento de argamassa e estruturas de concreto, pode-se resultar no comprometimento da segurança estrutural e desempenho da vedação, em várias de suas funcionalidades como a estanqueidade, durabilidade e isolamento acústico (BAÍÁ; SABBATINI, 2008).

Segundo Bauer (2013) são dois os segmentos de descolamento: por empolamento e em placas. O primeiro mecanismo ocorre devido a ação da cal, em sua execução pode ocorrer uma expansão dos óxidos não hidratados presente, resultando no surgimento de bolhas e provocam o destacamento da argamassa. A manifestação patológica se intensifica em argamassa mistas, em decorrência de causas mecânica, quanto mais rígida a composição maior a taxa de desagregação na expansão (BAUER, 2013).

Já o descolamento em placas, de acordo com Bauer (2013) é resultado da ruptura na ligação entre duas ou mais camadas do sistema de revestimento. A seguir serão apresentados exemplos que acarretam esta anomalia e as intervenções propostas para diminuição dos casos:

- A execução do chapisco, quando usada areia fina na dosagem é necessário um aumento da espessura do mesmo que resulta na formação de tensões, devido a retração da argamassa. Para que isto não ocorra, deve-se utilizar a areia de maior granulometria;
- A execução de argamassas com espessuras superiores ao indicado pela NBR 13.749 (ABNT, 2013), onde cria-se novos esforços. Evita-se isto com maior cuidado em etapas anteriores, como um adequado prumo da alvenaria;
- Grandes variações de temperatura proporcionam tensões de cisalhamento entre a base e a argamassa, em função dos diferentes gradientes de dilatação. O melhor cenário é a execução da atividade em dias com temperaturas amenas, sem excesso de calor ou frio, além da realização do revestimento em momentos com a menor incidência solar do local possível;
- Falta de água para hidratação do cimento, principalmente junto a interface com a base. Então, recomenda-se antes da execução de cada camada do revestimento molhar a base;
- Ausência de limpeza na base, é necessária a eliminação de pó, resíduos e até mesmo desmoldantes aplicados anteriormente;
- A deficiência ou falta da cura, processo de hidratação do cimento, adequada do revestimento. Evita-se isto controlando-se parâmetros como a temperatura e umidade do sistema;
- Defeito na ancoragem mecânica na base, dificultando a penetração e endurecimento da nata de cimento no substrato. Recomenda-se que a superfície que receberá o revestimento não seja muito alisada, bastando um sarrafeamento para tornar-se áspera.

Carasek (2007) complementa que há formas de deterioração prematura relacionadas a ataques físicos, mecânicos, químicos e biológicos. Na Figura 17 são apresentados exemplos de causas típicas e sua associação com os processos de danificação dos revestimentos.

Figura 17 – Processos de deterioração dos revestimentos de argamassa



Fonte: Carasek (2007, p. 923).

Araújo Junior (2004) aponta que os principais fatores que influenciam no desempenho dos revestimentos de argamassa, são: as propriedades das argamassas, os substratos, as técnicas de execução e as condições ambientais do local onde se executa a obra. Baía, Sabbatini (2008) e Bauer (2013), complementam que há alguns problemas patológicos associados a fase de projeto por meio de detalhamento insuficiente e seleção inadequada de materiais; a execução devido a não conformidade e alterações no projeto, técnicas e mão de obra inadequadas, falta de controle da argamassa e má qualidade dos materiais; e ao modo de utilização do revestimento ao longo do tempo, por meio da ausência ou insuficiência de manutenção.

Todos estes princípios citados influenciam no desempenho do revestimento no decorrer da vida útil prevista (BAÍA; SABBATINI, 2008). O desconhecimento, e descumprimento, destes e suas relações são os aspectos dominantes para ocorrência dos principais fatores atrelados ao grande número de incidências de manifestações patológicas nos revestimentos (ARAÚJO JUNIOR, 2004).

2.4. ADERÊNCIA

Tristão (1995), Paes e Gonçalves (2005) e Carasek (2010) definem a aderência como sendo a capacidade que permite ao revestimento, ou a interface revestimento/substrato, absorver e resistir a esforços normais e tangenciais. Segundo Paes e Gonçalves (2005, p. 47) “Em outras palavras, representa a capacidade do revestimento em manter-se estável, com ausência de fissuração e fixo ao substrato.”

Conforme Carasek (2010), a aderência é dada pela combinação de três características na interface revestimento/substrato: a resistência da aderência a tração, resistência a aderência ao cisalhamento e extensão da aderência - razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de haver união. Carasek (2010) ainda explica que em seu processo de aderência ocorre a precipitação dos produtos de hidratação do cimento nos poros do substrato e estes intercapilares precipitados exercem a função de ancoragem da argamassa na base de aplicação. Sendo assim, determinou-se os aspectos gerais com influência direta com a aderência da argamassa (Figura 18).

Figura 18 – Fatores que exercem influência na aderência de argamassas sobre bases porosas



Fonte: Carasek (2010, p. 911).

Visto isto, a perda ou a falta de aderência ao substrato é uma das maiores razões de falha no desempenho das argamassas de revestimento e caso a mesma não apresente comportamento satisfatório em seu estado endurecido não atenderá suas funções (CARASEK, 1991 e 2010). Também, o modo com que os materiais presentes nas argamassas influenciam em sua aderência, pode estar relacionado a natureza dos mesmos, suas proporções e o modo de preparo (CARASEK, 2010). Santos (2008) ainda acrescenta a dependência do estado fresco da argamassa, neste deve-se apresentar uma boa adesividade e capacidade de aderência entre argamassa e substrato, para então verificar-se uma união adequada entre ambos.

Após comparação dos resultados de resistência de aderência entre diferentes traços de cimento, cal e areia, Valdameri (2005) observou que, em determinados casos, para atender as recomendações em relação à resistência de aderência, não é necessário um aumento do teor de cimento. Deste modo, em análise estatística realizada apontou uma diferença significativa entre argamassas com traços diferentes, mas não houve diferença relevante em comparação ao mesmo traço, todas com resistência superior a 0,2 MPa e aceitas pela NBR 13.749 (ABNT, 2013).

De acordo com as normalizações nacionais, a aderência é a única especificação de desempenho (VALDAMERI, 2005). Para quantificar a resistência de aderência de uma argamassa é previsto nas normativas brasileiras a realização do ensaio de aderência do revestimento, conhecido como ensaio de arrancamento, em corpos de prova moldados em placa padrão ou *in loco*, para uma escolhida composição de revestimento. Sendo assim, a NBR 13.528 (ABNT, 2019) dispõe as diretrizes para determinação da resistência de aderência à tração do revestimento de argamassa, que consiste na tensão máxima suportada pelo corpo de prova de revestimento quando submetido a um esforço normal de tração. Os desempenhos satisfatórios de resistência a aderência, dependendo do local e tipo de acabamento, é descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Limites de resistência de aderência à tração (Ra) para camada única

Local		Acabamento	Ra (MPa)
Parede	Interna	Pintura ou base para reboco	≥ 0,20
		Cerâmica ou laminado	≥ 0,30
	Externa	Pintura ou base para reboco	≥ 0,30
		Cerâmica	≥ 0,30
Teto			≥ 0,20

Fonte: NBR 13.749 (ABNT, 2013).

Visto isto, como este estudo consiste na aplicação de revestimento em locais como paredes internas e externas com acabamento para pintura ou base para reboco, os sistemas argamassados devem obter resistências de aderência à tração maiores ou iguais a 0,20 MPa e 0,30 MPa, em parede interna e externa respectivamente. Para assim atingirem a conformidade do desempenho previsto na NBR 13.749 (ABNT, 2013).

3. MÉTODO DE PESQUISA

O método de pesquisa foi implementado em uma edificação multifamiliar de cinco pavimentos localizada em Joinville-SC e foi subdividido em tópicos para seu melhor entendimento. Primeiramente, definiu-se o local - paredes do edifício - para realização do ensaio de aderência e as tipologias aplicadas de revestimento de argamassa. Posteriormente realizou-se a execução dos revestimentos nas paredes compostas por blocos cerâmicos não estruturais, seguindo a ordem descrita no referencial teórico: chapisco, podendo ou não ocorrer, e argamassa.

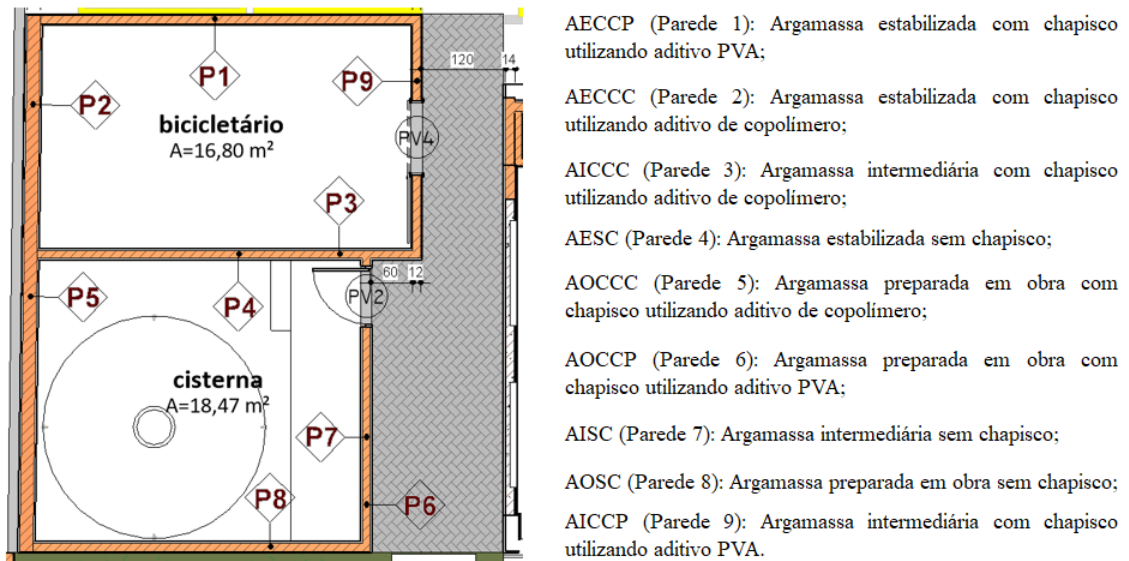
Após 50 dias de cura do revestimento desenvolveu-se os ensaios para a determinação da resistência de aderência à tração, seguindo as etapas: corte dos corpos de prova, colagem dos dispositivos metálicos e verificação da carga de ruptura à tração. Sendo a data escolhida conforme ao solicitado na NBR 13.528 (ABNT, 2019), a qual deve ser maior ou igual a 28 dias da execução do revestimento. Entretanto, fatores como a disponibilidade da empresa parceira para a realização do ensaio, assim como, à espera de um maior período de cura da cal, influenciaram na definição no período de realização do ensaio.

Para a execução do ensaio *in loco* houve o apoio da construtora do empreendimento e de duas empresas da região, o fornecedor de uma das argamassas ensaiadas e uma empresa especializada em ensaios de engenharia. Por questões econômicas necessitou-se adaptar o ensaio descrito na NBR 13.528 (ABNT, 2019) na quantidade de corpos de prova testados, assemelhando-se as condições impostas na versão anterior da norma.

3.1. ESCOLHA DO LOCAL DE INVESTIGAÇÃO

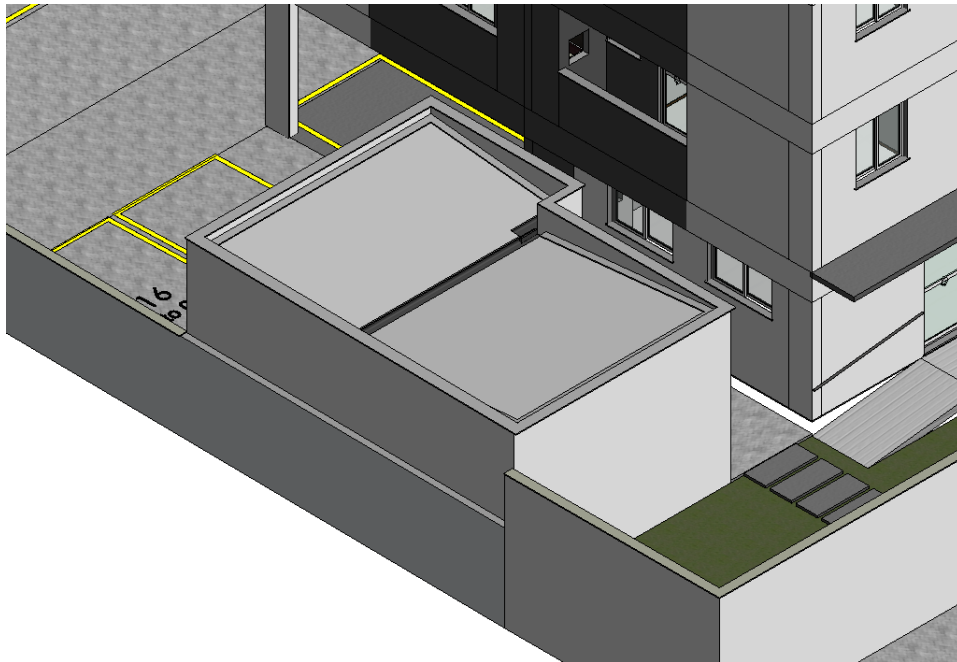
Para a realização do ensaio escolheu-se um total de nove paredes (Figura 19 e 20) nos ambientes de cisterna e no bicicletário da edificação, localizados no pavimento térreo. Esta localização dos ambientes facilita na ergonomia da mão de obra de execução do revestimento e do ensaio, onde não se faz necessário a utilização de equipamentos como balancins e cadeirinhas, que podem oscilar com a ação do vento e causar problemas na execução.

Figura 19 – Vista em planta dos locais de realização do ensaio no *software Revit*



Fonte: autora (2019).

Figura 20 – Vista 3D dos locais de realização do ensaio no *software Revit*



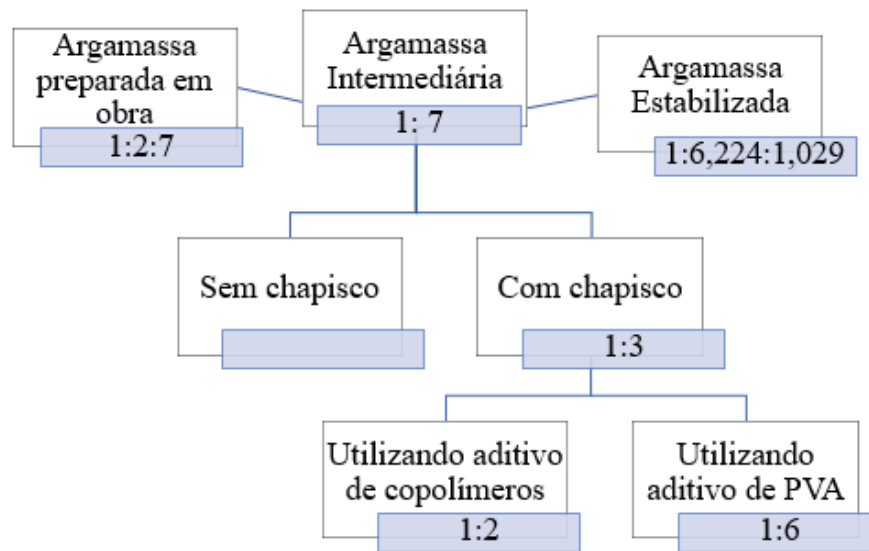
Fonte: autora (2019).

3.2. TIPOS DE REVESTIMENTO DE ARGAMASSA UTILIZADOS

Neste trabalho analisou-se os sistemas de revestimento de argamassas representados no fluxograma da Figura 21. Vale lembrar que devido a variação dos sistemas também se

estudou a influência do chapisco e dos demais materiais presentes na composição do revestimento.

Figura 21 – Sistemas de revestimento de argamassa testados no estudo e suas respectivas dosagens



Fonte: autora (2019).

A escolha da designada parede para cada composição ocorreu de forma aleatória e com concomitância da disponibilidade de material e mão de obra no canteiro de obras para a execução. Sendo assim:

- AECCP (Parede 1): Argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo PVA;
- AECCC (Parede 2): Argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo de copolímero;
- AICCC (Parede 3): Argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo de copolímero;
- AESC (Parede 4): Argamassa estabilizada sem chapisco;
- AOCCC (Parede 5): Argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo de copolímero;
- AOCCP (Parede 6): Argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo PVA;
- AISC (Parede 7): Argamassa intermediária sem chapisco;

- AOSC (Parede 8): Argamassa preparada em obra sem chapisco;
- AICCP (Parede 9): Argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo PVA.

3.2.1. Traços utilizados

Em relação ao chapisco convencional utilizou-se o traço de 1:3 (em volume) de cimento CP II Z 32 e areia grossa. Já em relação ao aditivo adicionado a mistura do chapisco, um a base de copolímeros compatíveis com cimento Portland, diluído na proporção de 1:2 e outro aditivo a base de resinas Acetato de polivinila (PVA), em uma diluição de 1:6. As características dos mesmos, conforme disponibilizado pelos fornecedores, são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características dos aditivos adicionados ao chapisco

Aditivo	Copolímeros	PVA
Composição	Resinas sintéticas	Termo polímeros
Cor	Branco leitoso	Branca
Densidade (kg/l)	1,00 - 1,01	1,00 - 1,030
pH	3,0 - 5,5	4,0 - 6,0
Viscosidade (cPs)	4,0 - 5,0	6,5 a 12,0

Fonte: Dados fornecidos pelos fabricantes e adaptados (2020).

Na argamassa preparada em obra utilizou-se a tabela de traços padrão da empresa, sendo o traço da camada única de 1: 2: 7 (em volume) de cimento CP II Z 32, cal hidratada e areia fina. Já na preparação da argamassa intermediária, utilizou-se o produto da mistura pronta de areia e cal, a qual em obra é adicionada ao cimento Portland conforme as recomendações do fabricante, com uso do traço de 1: 7 (em volume).

A argamassa estabilizada, de 36 horas, utilizada já vem dosada da central, as características da mesma foram fornecidas pelo fabricante. O traço (em massa) foi de 1 : 6,22 : 1,03 com CP II F 40, areia natural fina e água. A consistência (*slump test*) é de 14 +/- 2 cm. Além disto, a mesma possui dois aditivos, o estabilizador de hidratação (2,050 kg/m³) e incorporador de ar (0,408 kg/m³).

3.2.2. Execução do revestimento

As paredes de alvenaria foram executadas com argamassa de assentamento misturada em obra e tijolos cerâmicos não estrutural, que possuem absorção de água de 21%, segundo o laudo do fabricante. Primeiramente fez-se a dosagem do chapisco e argamassa (se necessário), o transporte destes até o local escolhido e a execução do revestimento (Figura 22).

Na execução seguiu-se as premissas presentes no referencial bibliográfico e na ordem de serviço da construtora: limpeza e molhagem do tijolo, execução manual do chapisco convencional ou não (dependendo da composição) e aplicação manual da argamassa específica em uma camada única, com posterior nivelamento (sarrafeamento e desempeno da massa) para acabamento final. Após sua finalização, ocorreu a cura do revestimento (Figura 23).

Figura 22 – Execução do revestimento de argamassa no canteiro de obras



Fonte: autora (2019).

Figura 23 – Revestimento de argamassa finalizado no canteiro de obras



Fonte: autora (2019).

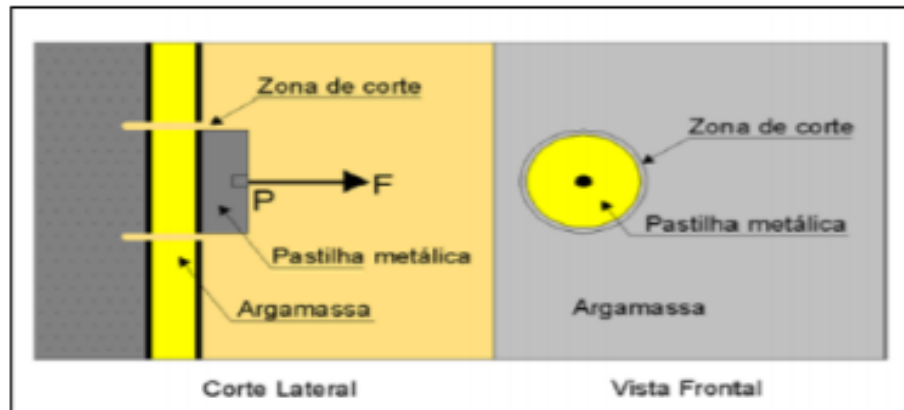
3.3. ENSAIO DE ADERÊNCIA

O ensaio realizado é descrito na NBR 13.528 (ABNT, 2019) e tem como objetivo determinar a resistência de aderência a tração em revestimentos de argamassas aplicados *in loco* ou em laboratório, em substratos inorgânicos não metálicos. Para o presente trabalho não foi possível realizar as repetições exigidas, devido aos recursos financeiros necessários e a disponibilidade de execução da construtora.

Portanto, o mesmo foi adaptado em relação à quantidade de corpos de prova no ensaio, se assemelhando com a antiga versão da normativa, sendo assim, utilizou-se 6 corpos de prova no teste e segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013) 4 amostras devem atingir os padrões pré-estipulados para conformidade do sistema de revestimento em questão. Porém, manteve-se a utilização de corpos de prova metálicos com formato circular, assim como a utilização do equipamento de tração conforme as recomendações da última versão da norma.

Visto isto, a execução do ensaio consiste na colagem dispositivo metálico sob os corpos-de-prova, com sessão circular de diâmetro médio de 50mm, no local de análise e sua extração para identificação da carga de ruptura da composição estudada (Figura 24). Os procedimentos serão detalhados a seguir.

Figura 24 – Representação esquemática do ensaio de arrancamento



Fonte: autora (2019).

3.3.1. Execução do ensaio de arrancamento

Primeiramente com o auxílio de uma serra-copo de 50mm acoplada a uma furadeira fez-se os furos destinados aos corpos de provas (com diâmetro 50mm) como mostra a Figura 25. Foi optado pela ordenação dos furos horizontalmente, em uma mesma altura, para que não houvesse interferência na força aplicada por questões ergonômicas. Utilizou-se uma placa auxiliar (gabarito) com o mesmo diâmetro da serra-copo para maior estabilidade do furo.

Figura 25 – Corte dos corpos de prova com uso de furadeira, serra-copo e gabarito



Fonte: autora (2019).

Após o corte dos corpos de prova, limpou-se o local dos cortes e aplicou-se resina epóxi nas pastilhas metálicas circulares de diâmetro de 50 +/- 1mm como mostra a Figura 26 e colocou-as cuidadosamente nos cortes dos corpos de prova (Figura 27). Logo, os corpos de prova foram numerados para realizar o ensaio de arrancamento com o equipamento.

Figura 26 – Pastilhas metálicas circulares com resina epóxi



Fonte: autora (2019).

Figura 27 – Dispositivo metálico aplicados sobre os corpos de prova



Fonte: autora (2019).

Após a secagem da cola, posicionou-se um parafuso no furo presente na pastilha e fez-se o encaixe com o dinamômetro de tração, conforme a Figura 28. Atentando-se para a precisão da conexão entre o equipamento e a pastilha, para isto a carga indicada no equipamento deve estar zerada no começo do teste.

Figura 28 – Encaixe do equipamento na pastilha do corpo de prova



Fonte: autora (2019).

Então aplicou-se movimentos manuais de torque (Figura 29) ao equipamento, até o momento de ruptura do corpo de prova. Com isso verifica-se no indicador digital a carga de ruptura do conjunto, com precisão de 1 kgf.

Figura 29 – Movimentos manuais no equipamento para identificação da carga de ruptura



Fonte: autora (2019).

Para finalização do compilado de informações do teste deve-se realizar a medida do diâmetro dos testemunhos extraídos, dado necessário para posteriormente calcular-se a área do corpo de prova (assumiu-se como 50mm o diâmetro médio das amostras nos cálculos). Esta área se faz necessária para identificação da resistência (força) de aderência superficial.

Portanto, para determinar a resistência de aderência à tração (R_a) deve-se correlacionar a força de ruptura e a área de aplicação da carga no corpo de prova (mm^2), empregando a Equação 1.

$$R_a = \frac{F}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

R_a é a resistência de aderência à tração ao substrato, expressa em megapascals (MPa);

F é força de ruptura, expressa em newtons (N);

A é área do corpo de prova, expressa em milímetros quadrados (mm^2).

Para a investigação das resistências identificadas utilizou-se o *software Statistica v 12.0*, onde realizou-se a análise de variância (ANOVA-*analysis of variance*). Na ANOVA avalia-se as variáveis de um sistema e se as mesmas influenciam, ou não, a característica

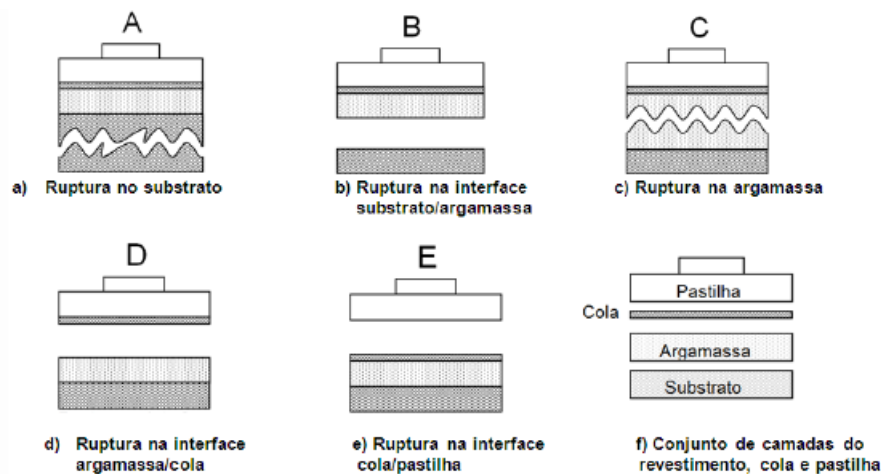
dependente, assim como, se há diferenças significativas entre as médias do conjunto analisado (JOHN, 1995).

A significância da variável é determinada pelo valor ‘p’, que aponta se há uma proporção significativa estatisticamente, a partir do nível de confiança escolhido, neste caso de 95%. Assim, se o valor de ‘p’ for menor que 0,05 há significância para a variável analisada em relação ao sistema proposto, caso contrário não há (HASTENPFLUG, 2012).

3.3.3. Forma de ruptura dos corpos de prova

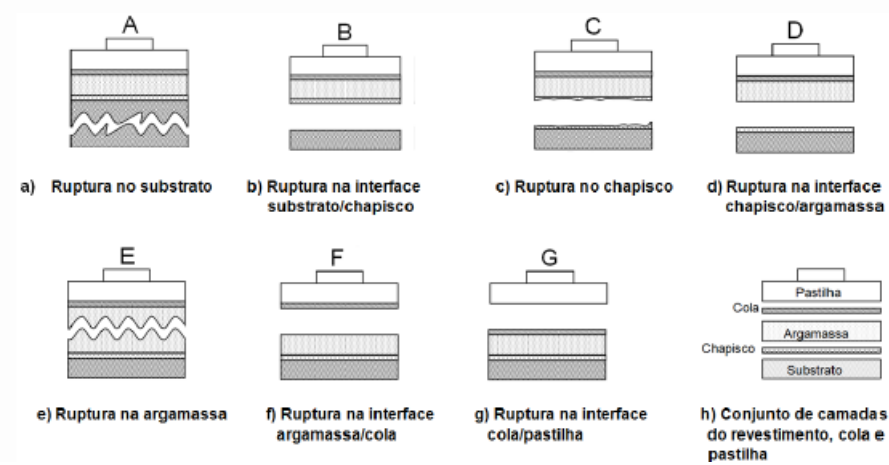
Depois de identificada a carga de ruptura no ensaio, são observadas a forma que ocorreu a ruptura. Os tipos de ruptura são previstos na NBR 13.528 (ABNT, 2019), diferenciando os sistemas de revestimentos sem chapisco (Figura 30) e com chapisco (Figura 31).

Figura 30 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento sem chapisco e o conjunto camadas (revestimento, cola e pastilha)



Fonte: NBR 13.528 (ABNT, 2019).

Figura 31 – Formas de ruptura no ensaio de resistência de aderência à tração para um sistema de revestimento com chapisco e o conjunto camadas (revestimento, cola e pastilha)



Fonte: NBR 13.528 (ABNT, 2019).

A NBR 13.528-2 (ABNT, 2019) indica algumas considerações a serem adotadas em relação ao valor de resistência a tração encontrado no ensaio e as formas com que ocorreu a ruptura:

- No exemplo B da Figura 30, assim como, os exemplos B e D da Figura 31 o valor da resistência de aderência à tração é igual ao valor obtido no ensaio;
- Nas demais rupturas apresentadas nas Figuras 30 (A, C, D) e 32 (A, B, C, E, F), a resistência de aderência não pode ser determinada por ruptura nas camadas de argamassa e de chapisco, sendo assim, a resistência é ainda maior que a obtida no ensaio e deve ser apresentado precedido pelo sinal maior que (>);
- Em casos eventuais, dos exemplos E e G, das Figuras 30 e 31 respectivamente, que se identifica a ruptura na interface cola/pastilha. Devem ter seu resultado desprezado, pois indicam imperfeição na colagem da pastilha.

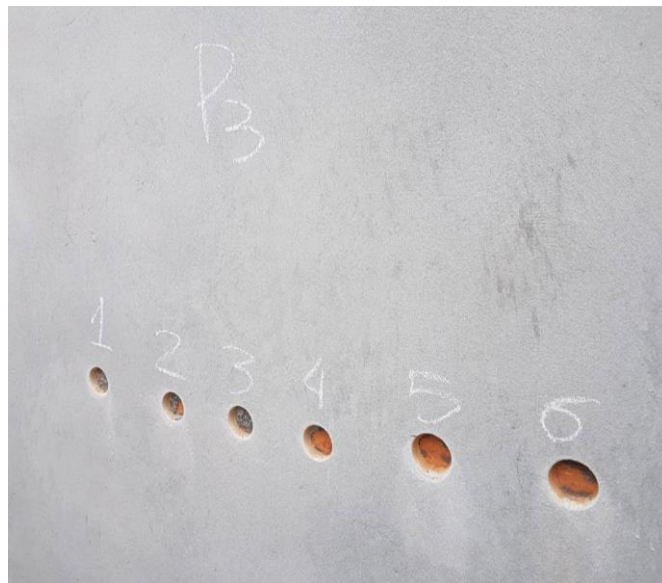
Como a NBR 13.528 (ABNT, 2019) não prevê o modo que se deve analisar o tipo de ruptura, algumas empresas especializadas na área optam pela análise visual, que também foi utilizada no presente trabalho. Para os casos de ocorrência de múltiplas formas de ruptura em um mesmo corpo de prova deve-se anotar a porcentagem de área aproximada de cada forma de ruptura. Com o objetivo de identificar a forma de ruptura deve-se examinar tanto os corpos de prova extraídos (Figura 32) quanto a local do mesmo na parede (Figura 33).

Figura 32 – Ruptura identificada nos corpos de prova após realização do ensaio



Fonte: autora (2019).

Figura 33 – Ruptura identificada na parede de realização do ensaio



Fonte: autora (2019).

3.3.4. Determinação do teor de umidade

O último procedimento previsto na NBR 13.528 (ABNT, 2019) é a determinação do teor de umidade do revestimento no momento do ensaio, para isto colocou-se os testemunhos do ensaio em sacos plásticos (com massa conhecida, m_i) devidamente lacrados. No laboratório de materiais de construção (Labiscon), da Universidade Federal de Santa Catarina, campus Joinville, o conjunto saco plástico e testemunhos foram pesados (m_u) e os mesmos foram

colocados para secar em estufa a temperatura de 100° C. Após 48h retirou-se da estufa e foram pesados novamente (para obter a massa após o processo de secagem, m_s).

Para a determinação do teor de umidade, foi utilizada a Eq. 2 e todas as massas pesadas foram em gramas. Então foi definido o teor de umidade da amostra pela média dos valores encontrados para três testemunhos de cada composição de revestimento testada.

$$U = \frac{(m_u - m_i) - m_s}{m_s} * 100 \quad (Eq. 2)$$

Onde:

m_i é a massa de cada saco plástico utilizado para acondicionar os testemunhos, expressa em gramas (g);

m_u é a massa de cada testemunho com o respectivo saco plástico utilizado para acondicioná-lo), expressa em gramas (g);

m_s é a massa de cada testemunho após o processo de secagem, expressa em gramas (g).

Segundo a NBR 13.528 (ABNT, 2019) deve-se identificar o teor de umidade, pois este interfere nos valores de aderência e nos coeficientes de variação dos resultados. Caso identificado condições heterogêneas de umidade, em uma mesma parede de análise, poderá acarretar em uma grande dispersão dos resultados de resistência a aderência encontrados (CARASEK, 201-).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos ensaios propostos no método de pesquisa, foi possível obter dados para avaliar o desempenho dos diferentes tipos de argamassas testados. Outro fator avaliado foi o tipo de preparação da base: com ou sem chapisco e o aditivo presente no mesmo.

A NBR 13.749 (ABNT, 2013) estabelece que para revestimento em paredes interna, a resistência de aderência à tração deve ser igual ou superior à 0,2 MPa. Ainda, a NBR 13.749 (ABNT, 2013) aponta que quatro entre seis amostras devem estar nos parâmetros exigidos para que o revestimento atinja o desempenho esperado.

Outro parâmetro a ser analisado, que é proposto pela norma, é a umidade das amostras, para verificação de interferência nos resultados. Por fim, fez-se a verificação visual das formas com que ocorreu a ruptura nas amostras, ou seja, identificando-se qual o local mais fraco de cada um dos sistemas dos revestimentos propostos.

4.1. ARGAMASSA PREPARADA EM OBRA

4.1.1. Parede com argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AOCCC)

Na AOCCC, todos os seis corpos de prova apresentaram características necessárias para o emprego do sistema em revestimento interno de parede conforme a NBR 13.749 (ABNT, 2013) e quatro destes (amostras 2, 3, 4, 5) aprovou-se também a utilização em revestimento externo de parede. A variação de sua resistência foi de 0,22 a 0,88 MPa e os dados do ensaio são descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOCCC

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	51	500,14	0,26	CONFORME
2	83	813,95	0,42	CONFORME
3	176	1725,97	0,88	CONFORME
4	121	1186,60	> 0,60	CONFORME
5	67	657,05	0,34	CONFORME
6	44	431,49	0,22	CONFORME

Fonte: autora (2020).

Em relação ao parâmetro teor de umidade a composição apresentou 4,40%. Já a forma de ruptura foi verificada visualmente (Figura 34) e então identificado suas respectivas proporções em relação a área total da amostra individualmente (Tabela 3).

Figura 34 – Corpos de prova após o ensaio na AOCCC



Fonte: autora (2019).

Tabela 3 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOCCC

Amostra	Formas de Ruptura (%)				
	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)
1	-	-	-	100	-
2	5	-	10	85	-
3	-	-	-	100	-
4	45	-	55	-	-
5	10	-	40	50	-
6	-	-	-	100	-

Fonte: autora (2020).

Em relação as formas de ruptura notaram-se em 4 amostras (corpos de prova 1, 2, 3, 5 e 6) a predominância do rompimento na interface chapisco e argamassa, a qual a NBR 13.528 (ABNT, 2019) certifica que as resistências a aderência descritas no ensaio são valores iguais a resistência verificada efetivamente. No caso da amostra 4 tem-se em praticamente metade do

corpo de prova com ruptura no substrato e a outra metade no chapisco e neste tipo de ruptura o valor encontrado deve ser tratado como inferior a resistência real do corpo de prova, de acordo com a norma.

4.1.2. Parede com argamassa preparada em obra com chapisco utilizando aditivo PVA (AOCCP)

A AOCCP trata-se de uma composição similar à anterior, com a mudança no aditivo introduzido no chapisco, para material PVA, portanto a argamassa permaneceu do tipo preparada em obra. Este caso também teve sua parede com o desempenho esperado segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013), todavia aprovou-se 4 dos 6 corpos de prova avaliados. As cargas de ruptura e resistência a tração das amostras são descritas na Tabela 4.

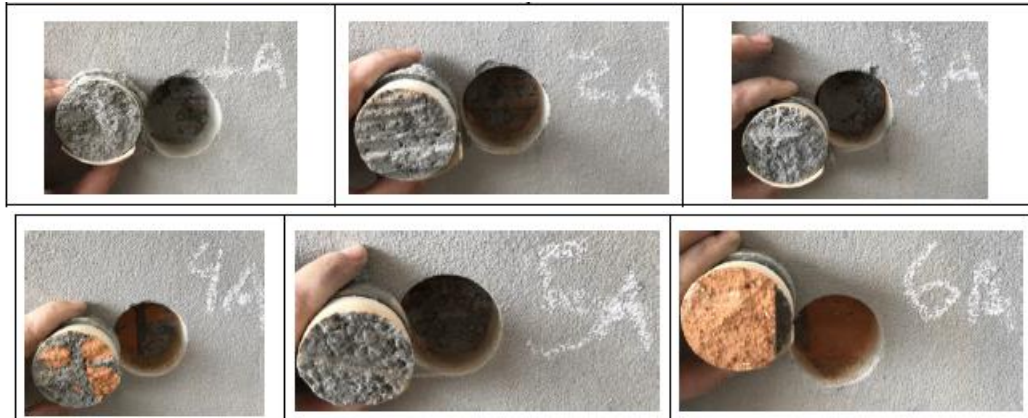
Tabela 4 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOCCP

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	78	764,92	0,42	CONFORME
2	107	1049,31	0,59	CONFORME
3	105	1029,70	0,57	CONFORME
4	9	88,26	0,05	NÃO CONFORME
5	115	1127,76	> 0,63	CONFORME
6	16	156,91	0,09	NÃO CONFORME

Fonte: autora (2020).

Já seu teor de umidade foi de 4,04% e as formas de ruptura das amostras foram definidas visualmente, analisando os corpos de prova extraídos (Figura 35). A Tabela 5 apresenta as porcentagens de cada tipo de ruptura pela área do corpo de prova.

Figura 35 – Corpos de prova após o ensaio na AOCCP



Fonte: autora (2019).

Tabela 5 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOCCP

Amostra	Formas de Ruptura (%)				
	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)
1	-	-	30	70	-
2	-	100	-	-	-
3	-	-	40	60	-
4	-	90	-	10	-
5	-	-	100	-	-
6	-	100	-	-	-

Fonte: autora (2020).

Observa-se na tabela acima que ocorreram 3 tipos de ruptura na AOCCP, as amostras 1 e 3 apresentaram (em sua maior porcentagem) a ruptura na interface do chapisco e argamassa (exemplo D) e as amostras 2, 4 e 6 na interface do substrato e chapisco (exemplo B). Nesses casos a NBR 13.528 (ABNT, 2019) afirma que as resistências identificadas no ensaio são iguais as cargas de ruptura suportadas pelos corpos de prova. Todavia, na amostra 5 a ruptura ocorreu no chapisco e segundo a norma a resistência a aderência é maior que o valor verificado no ensaio.

4.1.3. Parede com argamassa preparada em obra sem chapisco (AOSC)

A AOSC constitui-se de uma terceira variação da argamassa preparada em obra, porém nesta parede não há presença do chapisco em sua execução, no ensaio identificou-se um teor de umidade de 1,99%. A Tabela 6 apresenta os resultados do ensaio de arrancamento, as forças,

as resistências identificadas e a aceitação ou não dos 6 corpos de prova, pelos critérios presentes na normativa brasileira.

Tabela 6 – Resultados do ensaio de arrancamento na AOSC

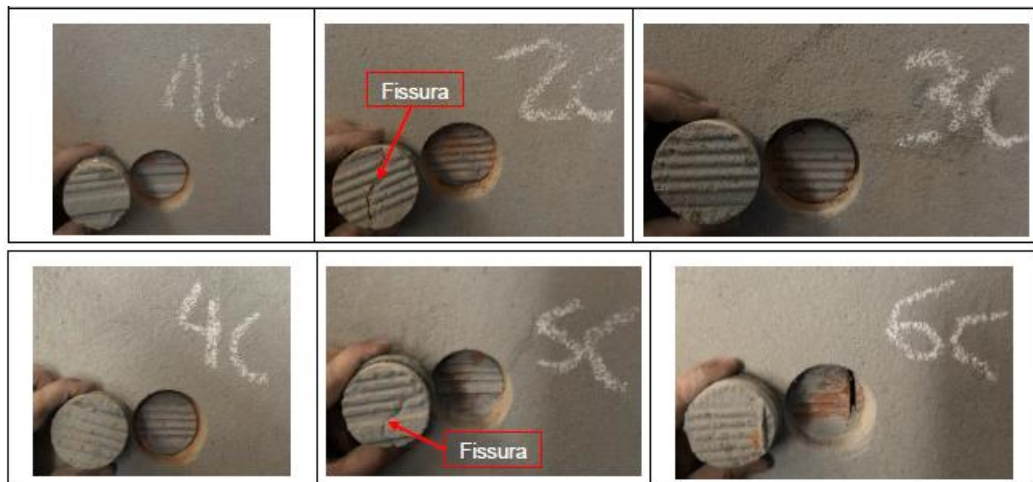
Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	58	568,79	> 0,31	CONFORME
2	6	58,84	0,030	NÃO CONFORME
3	86	843,37	0,48	CONFORME
4	9	88,26	0,05	NÃO CONFORME
5	3	29,42	0,02	NÃO CONFORME
6	1	9,81	0,01	NÃO CONFORME

Fonte: autora (2020).

Sendo assim, o ensaio nos remete que a composição não atingiu o desempenho esperado segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013), pois 4 dentre as 6 amostras não obtiveram resistências maiores ou iguais à 0,2 MPa. Ressaltando que os corpos de prova reprovados obtiveram resistência menor que 0,05 MPa, um valor muito abaixo do esperado por norma. Porém, as duas amostras aprovadas apresentaram resistência em torno de 0,3 e 0,4 MPa, números estes 150% e 200%, respectivamente, superior ao esperado por norma.

Após o conhecimento da resistência das amostras, analisou-se as formas com que ocorreram a ruptura nos corpos de prova extraídos e na parede (Figura 36), então elaborou-se a Tabela 7 com as porcentagens de rupturas nas camadas de revestimento identificadas visualmente. Essa investigação foi realizada mesmo com a parede reprovada para verificação se no ensaio houveram características que remetessem a desaprovação da argamassa preparada em obra sem chapisco.

Figura 36 – Corpos de prova após o ensaio na AOSC



Fonte: autora (2019).

Tabela 7 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AOSC

Amostra	Formas de Ruptura (%)			
	Substrato(A)	Sub/Arg(B)	Argamassa(C)	Cola/Arg(D)
1	-	-	100	-
2	-	100	-	-
3	-	100	-	-
4	-	100	-	-
5	-	100	-	-
6	-	100	-	-

Fonte: autora (2020).

A principal forma de ruptura (amostras 2, 3, 4, 5 e 6) foi na interface substrato e argamassa (exemplo B segundo a Figura 30). Já o corpo de prova 1, de $R_a \geq 0,2$ MPa, rompeu na camada de argamassa (exemplo C presente na Figura 30) a qual tem sua resistência superior a apresentada, como estabelecido na NBR 13.528 (ABNT, 2019). Nesta última configuração verifica-se que a argamassa possui resistência satisfatória, mas pode-se haver uma maior falta de aderência no sistema argamassado como um todo pela não presença do chapisco.

Outro ponto importante foi a presença de uma fissura interna nos corpos de prova 2 e 5 (visualmente peça na Figura 36), os quais foram reprovados no ensaio (com índices de resistência até 90% menores que os previstos na norma). Uma das possíveis razões para que ocorresse esta falha foi a redução da área de análise do corpo de prova e consequentemente de sua resistência, em razão da fissura interna. E isto pode ter influenciado a não conformidade da parede.

Uma possível justificativa para a presença desta fissura seria a retração excessiva provocada pela alta absorção de água pelo tijolo cerâmico. Porém, a empresa fabricante do mesmo forneceu o laudo no qual mostra a conformidade da absorção do bloco, em 21%, NBR 15.270-1 (ABNT, 2017) propõe valores entre 8% a 25%. Caso as amostras não apresentassem a fissura, esperava-se as mesmas poderiam alcançar o desempenho mínimo necessário.

Levando-se em consideração que a amostra 1 e 3 apresentaram altas resistências e outros dois corpos de prova possuíram uma fissura interna, uma recomendação seria refazer os ensaios com corpos de prova localizados em outros pontos na mesma parede. Para com um segundo resultado verificar a confirmação, ou não, do desempenho insatisfatório da parede, entretanto, isso não foi possível devido as restrições financeiras.

4.1.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa preparada em obra

Com os dados levantados dentre as 3 variações da argamassa preparada em obra observou-se um melhor desempenho para a argamassa de chapisco com a presença de aditivo de copolímeros (onde todas as resistências tiveram valores acima de 0,3 MPa). Uma peculiaridade desta composição foi a presença de retração, uma das possíveis causas disto seria de um problema atrelado à execução, quando a etapa de desempenar a argamassa é realizado antes do tempo determinado.

Já o sistema construtivo sem chapisco obteve o pior desempenho entre os sistemas estudados. Este não apresentou os requisitos de desempenho mínimos da normativa. Um dos fatores que podem ter contribuído para isto foi a presença da fissura interna, como relatado anteriormente. Outra característica observada foi o baixo teor de umidade, cerca de duas vezes menor que as outras composições, com chapisco.

Resultados dos ensaios de arrancamento semelhantes foram observados por Salvi (2017) em condições similares ao presente estudo. Observou-se resistências de aderência à tração em sistemas de revestimento argamassados com chapisco, valores superiores a 0,3MPa. Já sem o uso do chapisco, estes valores foram de 0,13 MPa.

Da mesma forma, Campos (2014), Barreto e Brandão (2014) obtiveram altas resistências para composições de argamassa preparada em obra com chapisco, o primeiro em torno de 0,47MPa, próximo a resistência média de 0,45MPa da composição AOCCC, no qual usou-se o mesmo tipo de cimento deste estudo (CP II Z 32). E no segundo atingiu-se resistência

de 0,38MPa (próximo a 0,39 MPa da AOCCP) em um traço de 1:2:8 (em volume), análogo ao deste estudo de 1:2:7.

Já Leal (2003) testou revestimentos com a incorporação de aditivo PVA no chapisco, com diluição de 1:6 e obteve resistência média 13% inferior (0,34MPa) e Lucchese (2016) adicionou o polímero na argamassa, a aderência também ficou abaixo deste estudo em 38% (0,24MPa). Entretanto, as formas de ruptura predominante em ambas as pesquisas não foram semelhantes à deste estudo.

4.4. ARGAMASSA ESTABILIZADA

4.2.1. Parede com argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AECCC)

O revestimento da AECCC é constituído de argamassa estabilizada e possui a camada de chapisco, presente em sua composição há o aditivo de copolímeros. Duas das resistências de ruptura foram descartadas pois o valor foi menor que 0,05 MPa. Porém, os outros quatro resultados foram entre 67 e 89 kgf e obteve-se resistência à tração entre 0,34 e 0,45 MPa.

Desta maneira, este sistema apresenta características mecânicas para sua utilização tanto para reboco interno quanto externo, pois quatro dos seis corpos de prova testados possui conformidade com os parâmetros exigidos na NBR 13.749 (ABNT, 2013). A mesma também apresentou um teor de umidade de 3,34%. Identificadas as forças e resistências de aderência dos corpos de prova apresentou-os na Tabela 8.

Tabela 8 – Resultados do ensaio de arrancamento na AECCC

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	2	19,61	> 0,01	NÃO CONFORME
2	88	862,99	> 0,44	CONFORME
3	83	813,95	> 0,42	CONFORME
4	67	657,05	> 0,34	CONFORME
5	6	58,84	> 0,03	NÃO CONFORME
6	89	872,79	> 0,45	CONFORME

Fonte: autora (2020).

Na sequência a análise visual foi realizada, através dos corpos de prova e dos respectivos locais de ruptura das amostras (Figura 37). Com estas informações elaborou-se a

Tabela 9 com as porcentagens encontradas de formas de ruptura, em relação a área total do corpo de prova.

Figura 37 – Corpos de prova após o ensaio na AECCC



Fonte: autora (2019).

Tabela 9 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AECCC

Amostra	Formas de Ruptura (%)				
	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)
1	-	-	100	-	-
2	90	-	10	-	-
3	10	-	90	-	-
4	20	-	80	-	-
5	-	-	100	-	-
6	15	-	85	-	-

Fonte: autora (2020).

De acordo com a Tabela 9, este sistema de revestimento teve a maioria das rupturas ocorrendo no chapisco (C), em 5 das 6 amostras. Já no corpo de prova 2 a ruptura ocorreu, em maior porcentagem, no substrato (A). Com isto, a NBR 13.528 (ABNT, 2019) indica que as

duas formas de rupturas remetem ao valor real superior à resistência a aderência determinada nas amostras. Porém, essa observação não aprova as amostras 1 e 5, pois não é descrito na normativa a quão proporção ocorre o aumento da resistência e ressaltando que seus valores de resistência foram muito inferiores ao desempenho esperados pela mesma.

4.2.2. Parede com argamassa estabilizada com chapisco utilizando aditivo PVA (AECCP)

O revestimento da AECCP possui a camada de chapisco com aditivo PVA diluído em água e argamassa estabilizada. Os resultados dos ensaios de arrancamento estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Resultados do ensaio de arrancamento na AECCP

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	91	892,41	> 0,45	CONFORME
2	88	862,99	> 0,44	CONFORME
3	76	745,31	> 0,38	CONFORME
4	85	833,57	> 0,43	CONFORME
5	89	872,79	> 0,45	CONFORME
6	48	470,72	> 0,24	CONFORME

Fonte: autora (2020).

Assim, este tipo de argamassa apresentou uma variação de carga de ruptura foi entre 0,24 a 0,45 MPa e teor de umidade de 2,90%. Portanto, a mesma foi aprovada pela NBR 13.749 (ABNT, 2013) com todos seus corpos de prova, para paredes de reboco interno ($Ra \geq 0,2$ MPa). Verifica-se também a adequabilidade para paredes de reboco externo ($Ra \geq 0,3$ MPa), pois 5 das 6 amostras obtiveram os parâmetros necessários para isto.

Já as formas de ruptura das amostras foram definidas visualmente, como descrito na metodologia, analisando os corpos de prova extraídos e a amostra da parede dos mesmos (Figura 38). Então, foi elaborada uma tabela com a porcentagem de área do local de ruptura identificada em cada uma das interfaces existentes (Tabela 11).

Figura 38 – Ruptura identificada nos corpos de prova da AECCP



Fonte: autora (2019).

Tabela 11 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AECCP

Amostra	Formas de Ruptura (%)				
	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)
1	10	-	90	-	-
2	-	-	100	-	-
3	40	-	60	-	-
4	10	-	90	-	-
5	-	-	100	-	-
6	-	-	100	-	-

Fonte: autora (2020).

Observa-se uma predominância (nas porcentagens) de ruptura de todas as amostras no chapisco (C). Sendo assim, a NBR 13.528 (ABNT, 2019) conclui que o valor real de resistência a aderência do revestimento é ainda maior que os valores apresentados.

4.2.3. Parede com argamassa estabilizada sem chapisco (AESC)

O revestimento presente na AESC contempla a terceira variação da tipologia de argamassa estabilizada, sendo esta sem chapisco. Seus resultados também apresentam os requisitos mínimos satisfatórios, exigidos pela NBR 13.749 (ABNT, 2013). Observou-se apenas uma amostra reprovada, dentre os seis corpos de provas analisados, com a resistência de aderência sendo apenas 10% abaixo do desempenho requerido.

A variação da força de ruptura foi de 36 kgf (caso reprovado) e 138 kgf, e entre 0,18 a 0,69 MPa para resistência a ruptura (Tabela 12). Já o teor de umidade da AESC foi de 3,66%.

Tabela 12 – Resultados do ensaio de arrancamento na AESC

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	53	519,75	0,27	CONFORME
2	138	1353,32	0,69	CONFORME
3	36	353,04	0,18	NÃO CONFORME
4	47	460,91	0,24	CONFORME
5	51	500,14	> 0,26	CONFORME
6	101	990,47	0,50	CONFORME

Fonte: autora (2020).

O estudo das formas de ruptura das amostras, conforme a metodologia proposta e descrita na segunda a NBR 13.528 (ABNT, 2019), foi realizada pela análise das imagens da Figura 39. Após a observação visual elaborou-se a Tabela 13 com as proporções identificadas.

Figura 39 – Corpos de prova após o ensaio na AESC



Fonte: autora (2019).

Tabela 13 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AESC

Formas de Ruptura (%)				
Amostra	Substrato(A)	Sub/Arg(B)	Argamassa(C)	Cola/Arg(D)
1	-	100	-	-
2	-	100	-	-
3	-	100	-	-
4	-	100	-	-
5	100	-	-	-
6	-	60	40	-

Fonte: autora (2020).

Deste modo, nesta parede identificou-se 2 formas de ruptura, uma destas na interface substrato e argamassa (B), na amostra 6 (com 60%) e nos corpos de prova 1, 3 e 4 (com totalidade). Para estes casos a NBR 13.528 (ABNT, 2019) admite a precisão das resistências encontradas. O outro local de fratura ocorreu no substrato (A), na amostra 5 e segundo a norma neste caso evidencia-se um aumento da resistência real em relação a fornecida no ensaio.

4.2.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa estabilizada

Uma análise geral das três variações do sistema construtivo, envolvendo a argamassa estabilizada, verificou-se que as mesmas apresentaram resistência superior a estipulada em norma, para utilização em revestimento interno. Dentre estes o qual apresentou o melhor desempenho, foi a argamassa com chapisco utilizando aditivo PVA e outra característica marcante desta tipologia foi o baixo desvio padrão, de 0,07.

Na testagem do sistema com argamassa estabilizada e sem a presença de chapisco obteve-se um bom desempenho, neste caso específico pode-se utilizá-la sem o mesmo, nesta situação identificou-se uma resistência a aderência superior até mesmo a outra composição testada com o chapisco com aditivo de copolímeros. E seu desempenho no ensaio de tração por arrancamento apresentou os critérios exigidos por norma para o uso em revestimentos interno quanto externos.

O teor de umidade destas tipologias de argamassas variou entre 2,90% a 3,66%. Já em relação a forma de ruptura predominante encontrou-se a mesma para as duas composições com chapisco, sendo a camada mais frágil do conjunto no próprio chapisco. Na composição sem chapisco a ruptura ocorreu na interface onde seria aplicado o mesmo, entre o substrato e a argamassa.

Comparando o efeito da presença ou não de chapisco quando se usa argamassa estabilizada, algumas bibliografias identificaram resistências semelhantes à deste estudo. Kebhard e Kazmierczak (2017) observaram resistência de arrancamento média de 0,38 MPa, do mesmo modo que Silva, Pereira e Póvoas (2020), 0,42 MPa para sistemas de revestimento com chapisco. Já Scussel e Antunes (2017) obtiveram resistência idêntica à deste estudo na argamassa pronta provida de central e sem o uso do chapisco (0,35MPa). Entretanto, a forma de ruptura predominante não foi a mesma (43,33% na argamassa) somente o segundo tipo de ruptura, que mais identificou-se, foram iguais no substrato/argamassa.

Diferentemente disto, Schmitz e Araújo (2014), como Hermann e Rocha (2013) verificaram resistências um pouco superiores à deste estudo, o primeiro 0,47 MPa e 0,51MPa, o segundo 0,59MPa e 0,67MPa para argamassas estabilizadas sem chapisco e com chapisco respectivamente. A utilização de um traço mais rico em cimento, pode ser previsto como uma justificado para os valores expostos.

4.3. ARGAMASSA INTERMEDIÁRIA

4.3.1. Parede com argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo de copolímeros (AICCC)

Na AICCC, o revestimento é constituído de reboco feito com a argamassa intermediária e a camada de chapisco com um aditivo industrializado de copolímeros na composição. O teor de umidade encontrado nesta parede foi de 4,23%.

Verifica-se por meio da Tabela 14 que todos seus 6 corpos de prova testados apresentaram desempenho satisfatório conforme a NBR 13.749 (ABNT, 2013), para revestimento de parede interno e externo, com uma variação de carga de ruptura entre 0,34 a 0,56 MPa.

Tabela 14 – Resultados do ensaio de arrancamento na AICCC

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	113	1108,15	0,56	CONFORME
2	72	706,08	0,36	CONFORME
3	75	735,50	0,38	CONFORME
4	110	1078,73	> 0,55	CONFORME
5	102	1000,28	> 0,51	CONFORME
6	68	666,85	> 0,34	CONFORME

Fonte: autora (2020).

A análise das formas de ruptura das amostras fez-se visualmente, investigando-se os corpos de prova extraídos (Figura 40) e decompondo suas porcentagens de ocorrência em relação a área total da amostra na Tabela 15.

Figura 40 – Corpos de prova após o ensaio na AICCC



Fonte: autora (2019).

Tabela 15 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AICCC

Formas de Ruptura (%)					
Amostra	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)
1	5	-	-	95	-
2	40	-	-	60	-
3	-	-	5	95	-
4	90	-	10	-	-
5	95	-	5	-	-
6	80	-	15	5	-

Fonte: autora (2020).

Na AICCC verificou-se diversas formas de ruptura, daquelas apresentadas na NBR 13.528 (ABNT, 2019). Nas amostras 1, 2 e 3, em sua maioria, a fratura ocorreu na interface do chapisco e argamassa (D). Desta forma, o valor de resistências é igual aos encontrados no ensaio. Já as amostras 4, 5 e 6 romperam no substrato e como citado na normativa, neste caso não foi verificado a ruptura na camada de chapisco ou de argamassa e isto caracteriza que as resistências à tração dos corpos de prova são superiores as quais foram identificadas no ensaio de arrancamento.

4.3.2. Parede com argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo PVA (AICCP)

A AICCP, argamassa intermediária com chapisco utilizando aditivo PVA diluído em água, obteve desempenhos maiores que os necessários na NBR 13.749 (ABNT, 2013), variando entre 0,32 a 0,71 MPa (Tabela 16). Desta maneira, o desempenho do revestimento possibilitaria seu uso tanto para parede interna quanto externa.

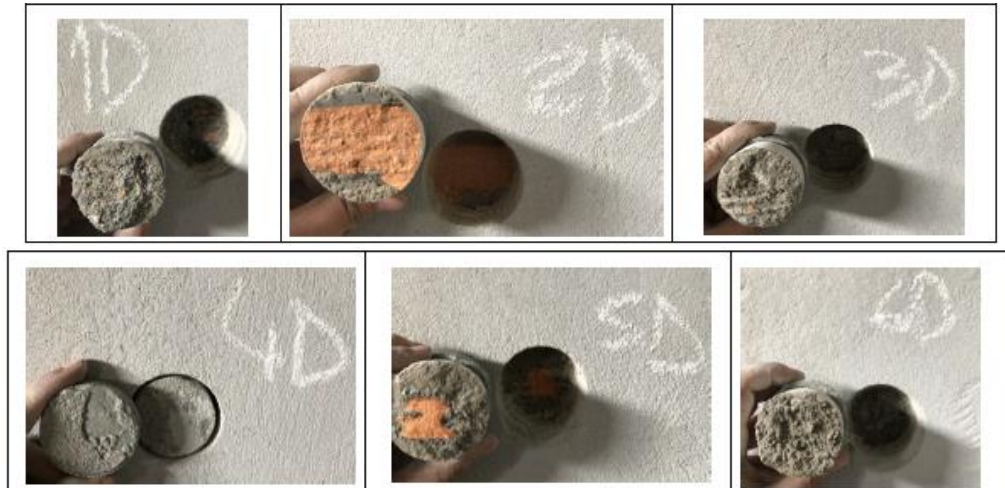
Tabela 16 – Resultados do ensaio de arrancamento na AICCP

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	96	941,44	> 0,52	CONFORME
2	63	617,82	> 0,34	CONFORME
3	138	1353,32	0,74	CONFORME
4	123	1206,22	> 0,67	CONFORME
5	118	1157,18	0,67	CONFORME
6	143	1402,35	0,77	CONFORME

Fonte: autora (2020).

O teor de umidade da parede foi de 3,84%. Já as formas de ruptura das amostras foram definidas visualmente, analisando os corpos de prova extraídos (Figura 41), sendo elaborada a Tabela 17 com as percentagens de ruptura pela área do corpo de prova.

Figura 41 – Corpos de prova após o ensaio na AICCP



Fonte: autora (2019).

Tabela 17 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AICCP

Amostra	Formas de Ruptura (%)					
	Substrato(A)	Sub/Chap(B)	Chapisco(C)	Chap/Arg(D)	Argamassa(E)	Arg/Cola(F)
1	-	-	100	-	-	-
2	80	-	-	20	-	-
3	-	-	-	100	-	-
4	-	-	-	-	70	30
5	10	-	-	90	-	-
6	-	-	-	100	-	-

Fonte: autora (2020).

Foram 4 as formas de ruptura desta parede. As amostras 3, 5 e 6 romperam na interface chapisco e argamassa (D) a qual proporciona a resistência a aderência real no ensaio segundo a NBR 13.528 (ABNT, 2019). Já os outros três tipos de ruptura: no substrato (A), no chapisco (C) e na camada da argamassa (E), proporcionam de acordo com a norma uma resistência real das amostras superior a identificada no ensaio.

4.3.3. Parede com argamassa intermediária sem chapisco (AISC)

Tem-se na AISC a terceira variação do sistema construtivo empregando argamassa intermediária, sendo esta sem a presença do chapisco na execução. Foi observado o teor de umidade de 3,81% e os resultados do ensaio de arrancamento são detalhados na Tabela 18.

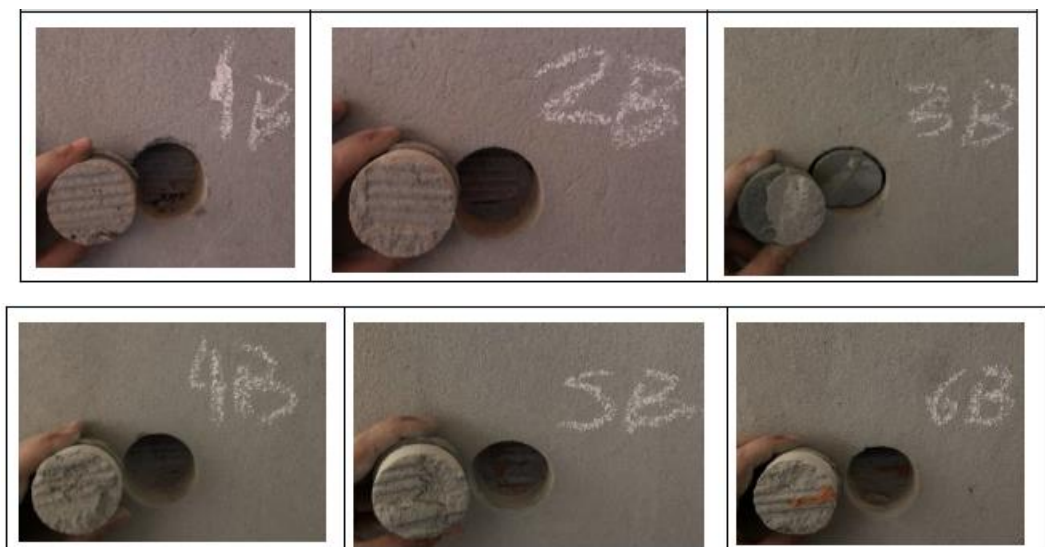
Tabela 18 – Resultados do ensaio de arrancamento na AISC

Amostra	Força (kgf)	Força (N)	Ra (MPa)	NBR 13.749 (2013)
1	115	1127,76	0,63	CONFORME
2	97	951,25	0,55	CONFORME
3	32	313,81	> 0,25	NÃO CONFORME
4	74	725,69	0,41	CONFORME
5	13	127,49	0,07	NÃO CONFORME
6	71	696,27	> 0,39	CONFORME

Fonte: autora (2020).

Das amostras testadas, 4 entre 6 apresentaram resistência à tração de acordo com a NBR 13.749 (ABNT, 2013), sendo assim, o sistema tem os requisitos necessários para seu emprego em revestimento de parede interna. Outra análise necessária no ensaio foi a forma com que ocorreu a ruptura das amostras, para verificação da influência desta para com as cargas apontadas. A mesma ocorreu visualmente (Figura 42), como nas demais paredes, e elaborou-se a Tabela 19 com as devidas porcentagens.

Figura 42 – Corpos de prova após o ensaio na AISC



Fonte: autora (2019).

Tabela 19 – Formas ruptura identificados nos corpos de prova da AISC

Formas de Ruptura (%)				
Amostra	Substrato(A)	Sub/Arg(B)	Argamassa(C)	Cola/Arg(D)
1	-	100	-	-
2	-	100	-	-
3	-	-	30	70
4	-	85	15	-
5	-	-	100	-
6	-	5	95	-

Fonte: autora (2020).

Percebe-se a ruptura na camada de argamassa (C) nos corpos de prova 5 e 6, e ruptura na interface cola e argamassa (D) na amostra 3. No caso do corpo de prova 3, como foi alta a porcentagem de ruptura na interface com a cola optou-se pela não aprovação da amostra.

Nestas duas formas de ruptura citadas anteriormente a resistência a aderência dos corpos de prova é inferior a real capacidade dos mesmos, segundo a NBR 13.528 (ABNT, 2019). Fato contrário se identificou nos corpos de prova 1, 2 e 4, em que a maior parte de sua ruptura ocorreu entre o substrato e a argamassa (B) e a resistência apresentada no ensaio é igual a carga suportada pelo mesmo de acordo com a norma.

4.3.4. Discussão dos resultados obtidos nas paredes com o sistema construtivo de reboco com argamassa intermediária

Nota-se o desempenho satisfatório para as três variações do sistema construtivo empregando argamassa intermediária, ao qual todas podem ser utilizadas tanto para revestimento interno quanto externo. As resistências de aderência à tração identificadas são de 200% a 300% superior ao esperado em norma para utilização interna. Sendo assim, para esta tipologia de sistema construtivo, a presença ou não do chapisco não prejudicou o desempenho do conjunto.

A variação do sistema que apresentou a maior resistência à tração por arrancamento foi a argamassa de intermediária com chapisco com aditivo PVA, com uma resistência de 0,62 MPa. Já os teores de umidade das argamassas encontram-se acima de 3,81% e prevaleceram formas de ruptura diferentes em cada uma das variações, porém as mesmas se constituíram nas primeiras camadas do revestimento, sendo assim, não houve ruptura na camada da argamassa.

Em busca por outras referências bibliográficas para comparação dos valores obtidos no ensaio notou-se uma baixa testagem da mesma *in loco* (em paredes localizadas na própria

edificação). Em sua maioria os testes foram realizados em laboratório e nesta situação não se proporciona uma perspectiva real da aderência dos revestimentos, como em obra onde os quais são expostos aos diversos intempéries (como a ação do clima).

Porém, mesmo com ensaios em laboratório, Figueredo (2019) obteve resistência média de 0,12 MPa, com variação entre 0,06 a 0,17 MPa, valores estes até 80% menores que os identificados neste estudo. Sendo ainda seu traço mais rico em cimento, o que demonstra a forte influência do fornecedor e região nas propriedades da argamassa intermediária.

Outro fator que Figueredo (2019) também explanou foi a relação direta com o tempo de utilização da argamassa após seu fornecimento pelo fabricante, onde com um tempo maior costuma-se ser inversamente proporcional com a resistência da mesma. Sendo assim, deve-se ter um maior cuidado com esta argamassa (principalmente a mistura pronta de areia e cal), pois suas propriedades podem sofrer alterações em decorrência de vários fatores, como exposição a ação climática antes do uso (problema de armazenamento), demora para uso (erro de logística) e novamente a confiabilidade para com seu fornecedor.

4.4. ANÁLISE DOS DIFERENTES SISTEMAS

4.1. Resistências de aderência médias dos revestimentos de argamassa

Para a análise dos resultados, foi realizado um tratamento estatístico para a verificação de valores espúrios. Foi empregado o método dos quartiers, e constatou-se que nenhuma resistência obtida foi discrepante em relação à média da amostra a qual fazia parte. Com esses resultados foram determinados os valores médios de resistências em relação a todas as amostras ensaiadas, obtidos a partir do ensaio de resistência ao arrancamento.

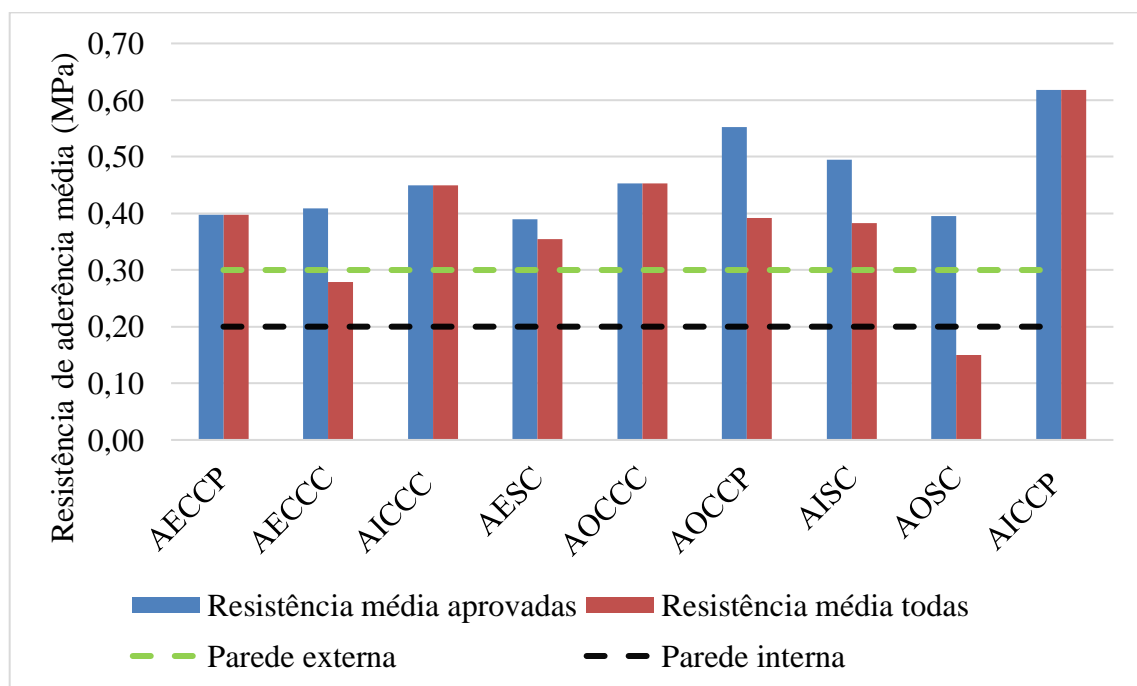
Sendo assim, para uma melhor visualização dos resultados obtidos nos ensaios realizados, na Tabela 20 e na Figura 43 foram apresentadas as resistências a aderência média de todas suas amostras, assim como seu desvio padrão, teor de umidade da parede, quantidade de amostras aprovadas e a forma com que ocorreu a ruptura na maioria das amostras. Ressaltando que dentre as 9 composições apenas a AOSC (argamassa preparada em obra sem chapisco) não obteve o desempenho mínimo estipulado pela NBR 13.749 (ABNT, 2013).

Tabela 20 – Características de todos os tipos de argamassa ensaiados

Amostras	Resistência média todas amostras (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Teor de umidade (%)	Quantidade de amostras conformes	Forma de ruptura predominante
AECCP	0,40	0,07	2,90%	6	Chapisco
AECCC	0,28	0,19	3,34%	4	Chapisco
AICCC	0,45	0,09	4,23%	6	Substrato
AESC	0,35	0,18	3,66%	5	Sub/Arg
AOCCC	0,45	0,23	4,40%	6	Chap/Arg
AOCCP	0,39	0,22	4,03%	4	Chap/Arg
AISC	0,38	0,18	3,81%	4	Sub/Arg
AOSC	0,15	0,16	1,99%	2	-
AICCP	0,62	0,15	3,84%	6	Chap/Arg

Fonte: autora (2020).

Figura 43 – Resistência média de todas amostras e de apenas amostras aprovadas, de um mesmo tipo de argamassa de revestimento



Fonte: autora (2020).

Observa-se que o melhor desempenho foi da AICCP, a mesma obteve resistência 300% superior ao exigido na NBR 13.749 (ABNT, 2013) para revestimentos internos. Já a AECCC possuiu a menor resistência, quando verificado a média de todas as amostras, sendo este valor também superior ao exigido em norma em 40%. Portanto, houve variação de 45% dentre as resistências identificadas no ensaio.

Para determinação de significância dos resultados de resistências médias identificados investigou-os estatisticamente. Portanto, pode-se afirmar, segundo a análise de variância (Tabela 21 e Figuras 44, 45 e 46), que em relação ao tipo de argamassa e o tipo de chapisco desenvolvem resistências à tração por arrancamento com diferenças significativas, com uma confiabilidade de 95%. Já no estudo estatístico quando se verifica a interação entre todas as variáveis definidas na metodologia juntas (mudanças de tipos de argamassas e tipos de chapiscos), não resultaram em diferenças significativas nas variações de suas resistências.

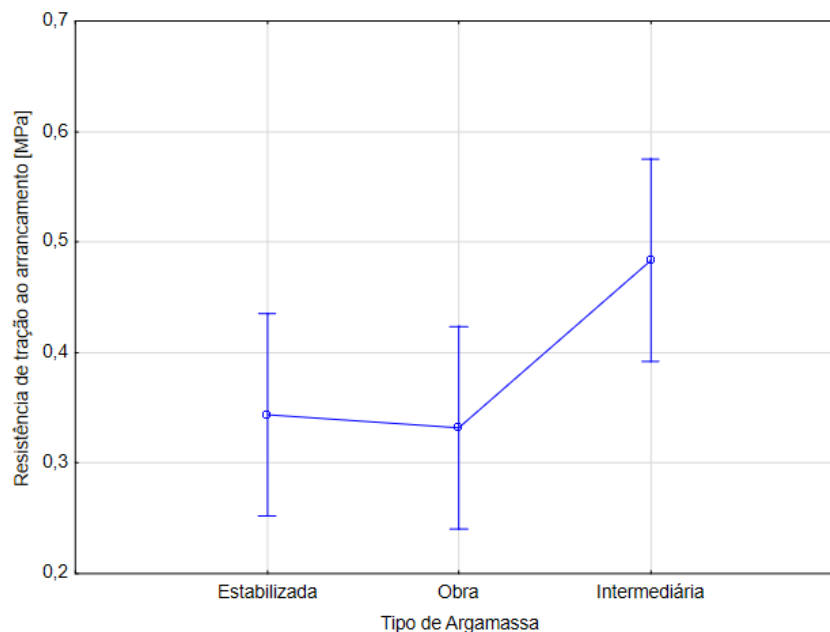
Tabela 21 – Tabela ANOVA para a influência do tipo de argamassa e chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento

Fonte de Variação	GL	SQ	MQ	Teste F	Significância (p)	p < 0,05
Constante	1	8,05827	8,05827	217,274	0	Sim
Argamassa	2	0,25753	0,12877	3,4719	0,03961	Sim
Chapisco	2	0,27105	0,13553	3,65415	0,03384	Sim
Argamassa *Chapisco	4	0,25663	0,06416	1,72989	0,16005	Não
Erro	45	1,66896	0,03709			

GDL: Grau de liberdade;
 SQ: Soma quadrada;
 MQ: Média quadrada (= SQ/GDL);
 Fcal = MQmodelo/MQresíduo;
 p-value= probabilidade (distribuição t de student).

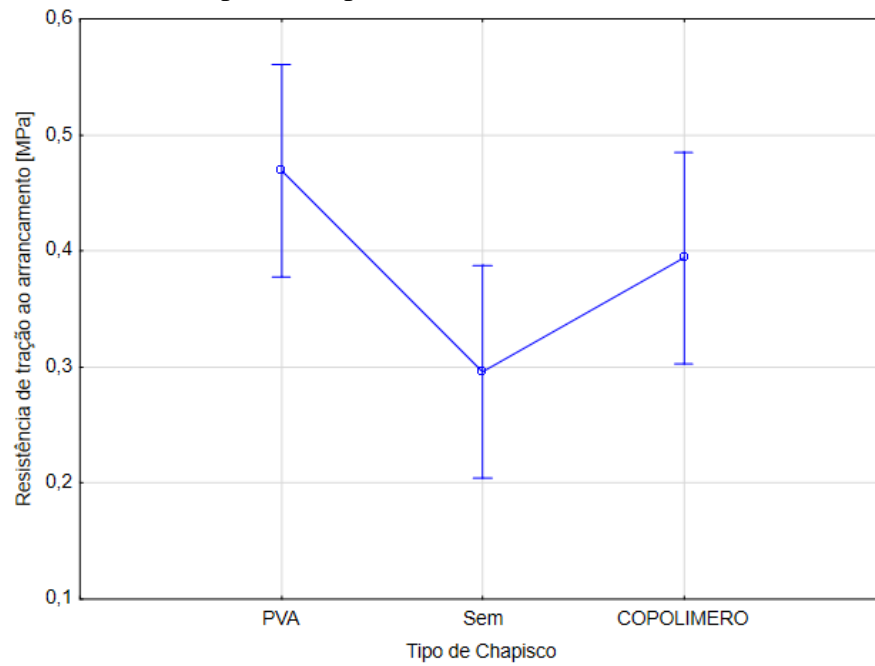
Fonte: autora (2020).

Figura 44 – Influência do tipo de argamassa nas resistências a arrancamento do revestimento



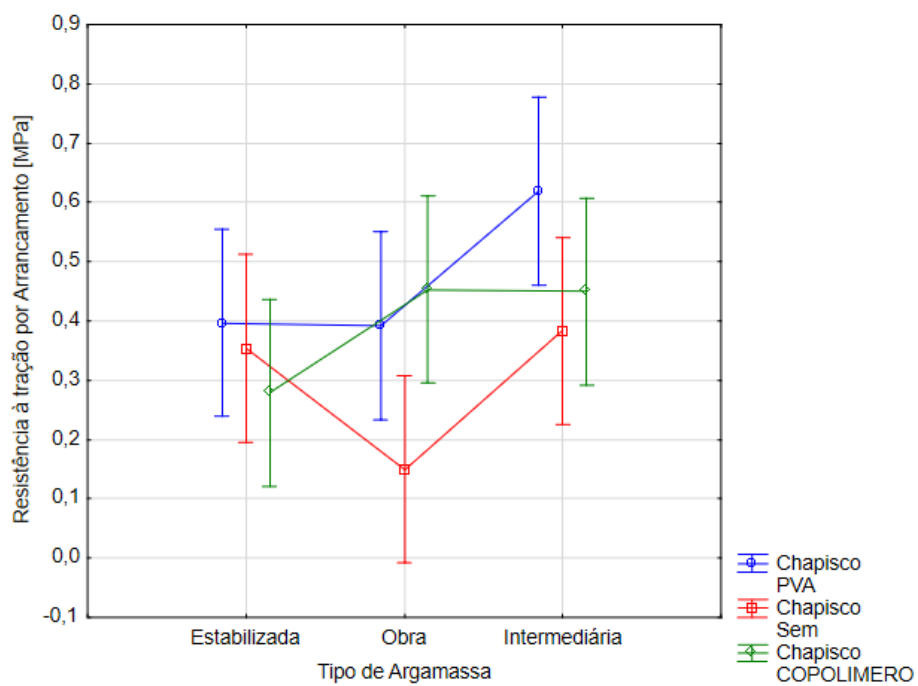
Fonte: autora (2020).

Figura 45 – Influência do tipo de chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento



Fonte: autora (2020).

Figura 46 – Influência do tipo de argamassa e chapisco nas resistências a arrancamento do revestimento



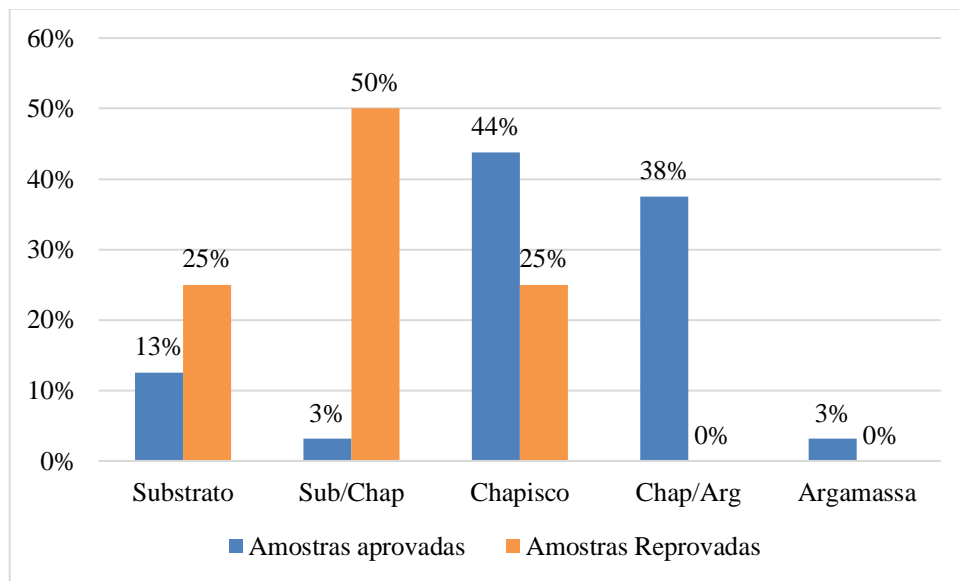
Fonte: autora (2020).

4.4.2. Formas de ruptura verificadas no ensaio

A partir da análise das formas de rupturas que prevaleceram nos tipos de argamassas, gerou-se gráficos para investigação do quantitativo das rupturas das amostras aprovadas e reprovadas, com e sem chapisco (Figura 47 e Figura 48).

Para composições com a presença do chapisco foram trinta e seis corpos de prova ensaiados, sendo trinta e dois com desempenho satisfatório segundo a NBR 13.749 (ABNT, 2013). Como ilustrado na Figura 31 presente na NBR 13.528 (ABNT, 2019) existem sete possibilidades de ruptura, mas notou-se a ocorrência de apenas cinco destas nas amostras aprovadas e três nas reprovadas.

Figura 47 – Formas de ruptura predominante nos corpos de prova dos tipos de argamassa com a presença do chapisco



Fonte: autora (2020).

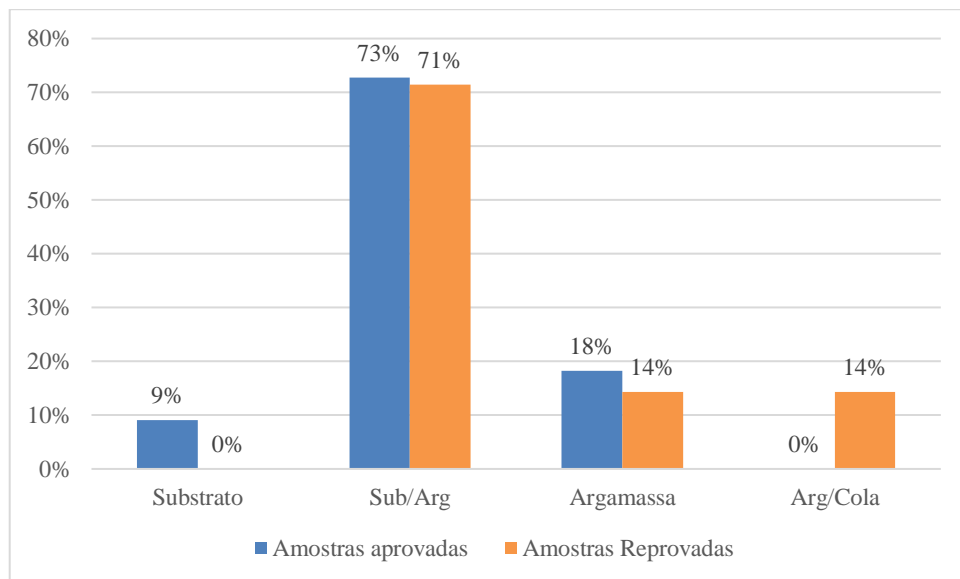
Ressaltando que o local de ruptura dos corpos de prova se configura como a camada mais frágil de todo revestimento, ou seja, o ponto mais fraco do mesmo. Sendo assim, para os corpos de prova com resistência maior que 0,22 MPa a Figura 47 demonstra uma tendência de ruptura na camada do chapisco (44%). Acredita-se que essa fragilidade pode estar relacionada com o aditivo utilizado no chapisco, visto que o mesmo pode acarretar o fechamento dos poros no incremento da viscosidade e da coesão do material cimentício, o que proporciona uma menor migração de água e cimento para os poros da alvenaria, o que resulta em problemas de micro aderência em sua camada e interface.

Em contraponto disto, tem-se a menor porcentagem de rupturas ocorrendo na interface substrato/chapisco (3%) e, igualmente, na camada de argamassa. Fator que remete a uma tendência de um maior potencial de aderência nestas camadas, como as mesmas foram os locais menos frágeis do sistema de revestimento. Porém, não há como confirmar esta afirmação em relação a interface do substrato e o chapisco, pois nos corpos de prova que não alcançaram o desempenho previsto na NBR 13.749 (ABNT, 2013), prevaleceu em 50% as rupturas nesta área de interação.

Outra observação a se destacar é a taxa nula de ruptura das amostras reprovadas na interface chapisco e argamassa, também, na própria argamassa. Nota-se que não ocorreu nenhuma situação de fratura na resina epóxi, utilizada para colar o sistema de revestimento na pastilha metálica, usada para distribuir e transmitir a força aplicada pelo dispositivo. Isto é um fator positivo visto que, a ruptura nestes casos não ocorre em nenhuma camada do revestimento e sim, de situações provenientes apenas do ensaio, como problemas na cola.

Para uma investigação mais assertiva, necessita-se realizar o estudo das formas de ruptura desassociado entre os tipos de argamassa com e sem chapisco, porque para o segundo há apenas cinco locais para fratura da amostra, como consta na Figura 30 e na NBR 13.528 (ABNT, 2019). Com os resultados dos ensaios a análise foi verificada na Figura 48.

Figura 48 – Formas de ruptura dos corpos de prova conformes e não conformes, sem a presença do chapisco



Fonte: autora (2020).

Identifica-se na Figura 48 uma grande tendência de ruptura na interface entre o substrato e a argamassa, tanto para os corpos de prova com resistência maior que 0,2MPa, quanto menor. Pode-se relacionar esse fator com a falta da camada de chapisco, o mesmo poderia aumentar a superfície de aderência, incrementando a ligação entre o substrato e a argamassa, e também atuando como uma transição entre a alta porosidade do tijolo e menor da argamassa.

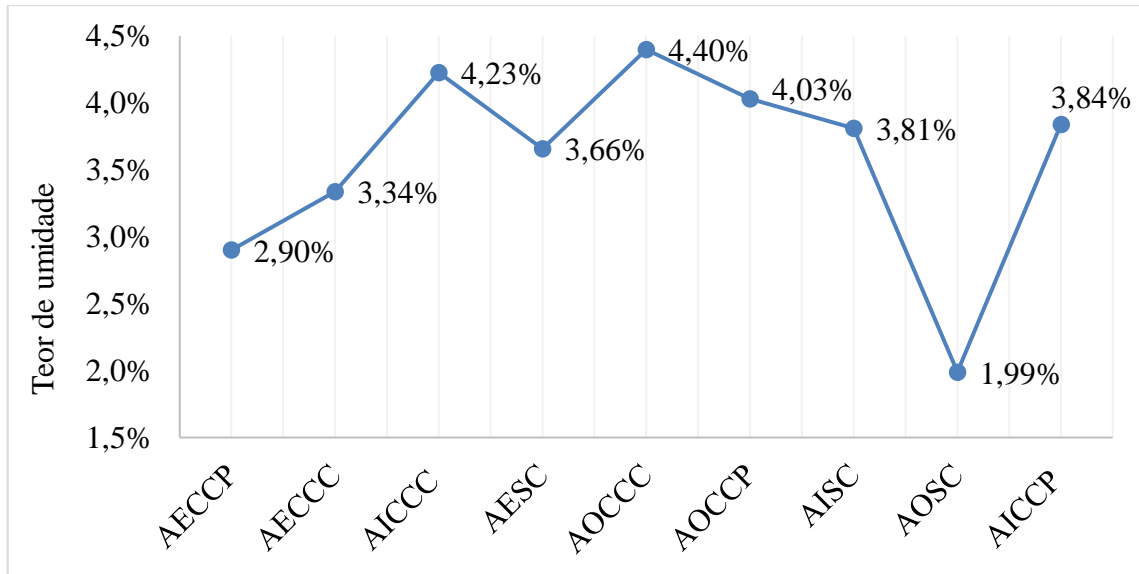
O comportamento semelhante também foi visto na camada da argamassa, com porcentagens próximas independente de seu desempenho. A causa disto pode estar associada pelo número de amostragem testada, sendo três tipos de argamassa e um total de dezoito corpos de prova submetidos ao ensaio, e pela possibilidade de ruptura em somente cinco locais diferentes, limitando o percentual estatístico analisado.

4.4.3. Variação do teor de umidade nas composições

A NBR 13.528 (ABNT, 2019) estipula que sejam retirados três testemunhos de cada composição para testagem do teor de umidade, conforme foi realizado e apresentado na análise individual seu teor de umidade médio. Pois se há presença de heterogeneidade de umidades em uma mesma parede de revestimento pode influenciar nas resistências verificadas no ensaio de arrancamento (CASAREK, 201-).

Verificou -se então que as composições ensaiadas não apresentaram grandes variações de umidade dentre suas três amostras, aumentando a confiabilidade dos resultados obtidos. Entretanto, dentre os teores de umidade médios das nove composições houve uma variação de cerca de 45%, do valor máximo e mínimo (1,99% e 4,40%). Os teores de umidade são apresentados na Figura 49.

Figura 49 – Teor de umidade média das paredes ensaiadas



Fonte: autora (2020).

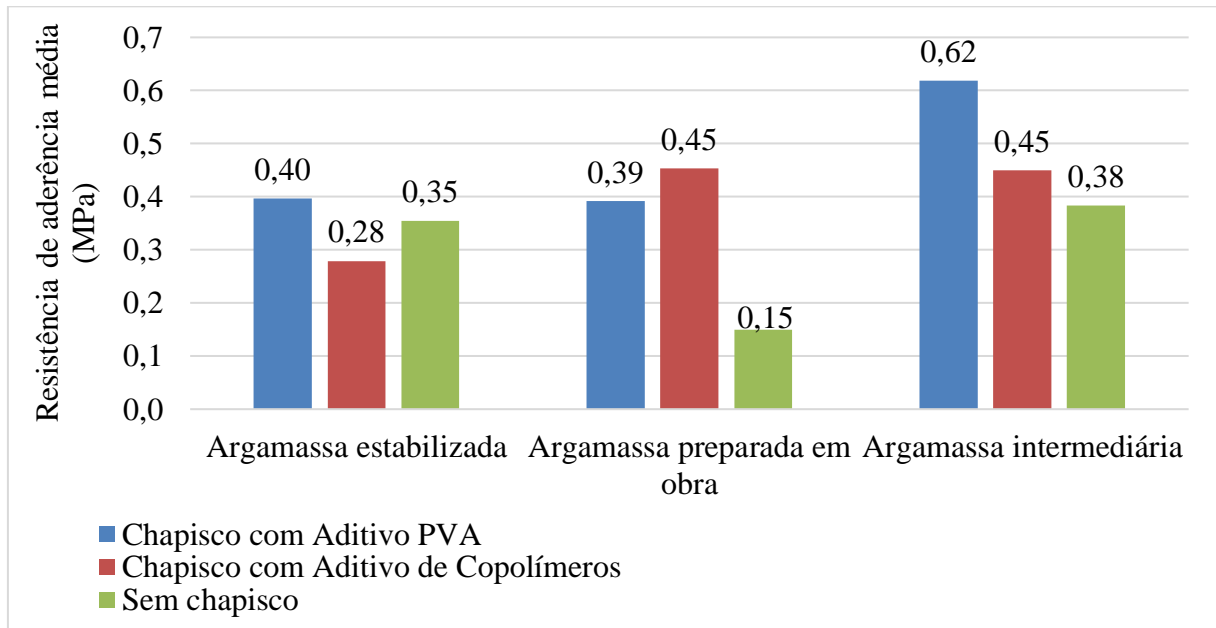
Pode-se verificar que a parede AOOSC apresentou uma umidade inferior que as demais e foi a única composição reprovada pela NBR 13.749 (ABNT, 2013). Possivelmente esta situação tem como consequência maior perda de água do revestimento para o substrato (tijolo), resultando em uma maior relação de água/cimento e porosidade da argamassa próxima a parede. Assim, pode-se justificar a fissura interna observada após a ruptura da amostra no ensaio de arrancamento.

Carasek et al. (2012) citam caso o revestimento esteja muito úmido no momento do ensaio sua resistência será menor que se o mesmo estivesse seco, ou seja, há uma grande influência da umidade no instante do ensaio com sua resistência a aderência identificada. Porém, esta afirmação não foi constatada neste estudo, pois o tipo de argamassa que obteve a menor resistência também foi o com menor umidade.

4.5. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO NAS DIFERENTES ARGAMASSAS

A partir dos resultados do ensaio de arrancamento (Figura 50) fez-se uma análise comparativa entre os diferentes tipos de argamassa com as mesmas condições de execução, sistema de revestimento com o uso do chapisco (variando o aditivo) e sem o uso do chapisco. Para uma verificação específica do tipo de argamassa e não de variações da mesma, como anteriormente foi realizado.

Figura 50 – Comparação da resistência a tração com diferentes variações no chapisco nos revestimentos



Fonte: autora (2020).

4.5.1. Revestimentos sem o uso do chapisco

Como visto, Souza e Mekbekian (1999) explanam que não há necessidade de utilização do chapisco em substratos como tijolo. Com base nos resultados obtidos no presente estudo a premissa se confirma para dois tipos de argamassa, a intermediária e estabilizada. Nestas argamassas, mesmo sem a presença do chapisco, identificou-se o desempenho esperado pela NBR 13.749 (ABNT, 2013), tanto para revestimentos internos como externo.

Nestes dois revestimentos a resistência foi muito semelhante, porém, o sistema com argamassa intermediária obteve um desempenho ligeiramente melhor, com resistência de 0,38 MPa e 0,35 MPa para revestimentos de argamassa estabilizada. Entretanto, na composição utilizando a argamassa preparada em obra a alegação dos autores não se confirmou, onde obteve-se uma baixa resistência a aderência, possivelmente ocasionada pela falta do chapisco no sistema. Outro fator relevante, foi a ocorrência da forma de ruptura na mesma interface nas três testagens, entre o substrato e a argamassa.

Portanto, com os tipos de argamassas testados e pelos resultados do presente trabalho, e somente analisando o desempenho no ensaio de resistência à tração por arrancamento, a escolha por utilização ou não do chapisco poderia ser considerada. Entretanto, para tal decisão

deve ser levado em conta o tipo de argamassa, seu traço e método de execução (com influência da mão de obra).

4.5.2. Revestimentos com o uso do aditivo PVA no chapisco

Foram testados também revestimentos com o uso do chapisco e além de seu traço usual de 1:3 (cimento e areia grossa) adicionou-se ao chapisco uma emulsão adesiva a base de resinas especiais (PVA) de alto desempenho. Segundo seu fabricante este tem a finalidade de promover aderência, plasticidade e resistência nas argamassas.

A premissa se confirmou com o ensaio de arrancamento de todos os sistemas de argamassas que possuíram o produto em seu chapisco (com argamassa estabilizada, feita em obra e intermediária), aos quais atingiram a resistência prevista na normativa. Além disto, verificou-se no ensaio aderências 200% (para sistemas com argamassa estabilizada e rodada em obra) e 300% (com argamassa intermediária) superiores ao designado na NBR 13.749 (ABNT, 2013), ou seja, foram classificadas tanto para uso interno como externo de revestimento de parede segundo a mesma.

Conforme Bueno (2000), Silva et al. (2015) e Lucchese (2016) a presença do aditivo PVA em traços com cimento Portland proporciona diversos benefícios, pois o mesmo possui boa capacidade de moldar-se em massa, baixo peso específico, substitui a água e aumenta o fator água/cimento. Além de melhorar a trabalhabilidade e adesividade ao traço, fatores que possuem influência direta na aderência da mistura. Com isso, fica comprovada altas resistências identificadas em sistemas de revestimento com PVA adicionado ao chapisco.

Já em relação a forma de ruptura do revestimento apurou-se uma especificidade em cada tipo de argamassa, sendo desigual o local da fratura. Apenas notou-se que o mesmo se encontrava nas interfaces do substrato/chapisco e chapisco/argamassa, ou na camada do chapisco. Sendo assim, a própria camada de argamassa não se perpetuou como o ponto mais fraco do sistema.

4.5.3. Revestimentos com o uso do aditivo de copolímeros no chapisco

Outro modo de testagem do estudo foi realizando a adição de copolímeros no chapisco dos revestimentos e segundo o fabricante, este aditivo proporciona elevada aderência aos materiais cimentícios e inibe o fissuramento. A partir do ensaio dos sistemas de revestimento argamassados com o emprego de chapisco com aditivo de copolímeros, notou-se que a

aderência do sistema possuem desempenho conforme com a NBR 13.749 (ABNT, 2013), no caso de sistemas com argamassa intermediária e preparada em obra, sua resistência foi de 55% superior ao denominado na NBR 13.749 (ABNT, 2013), já com estabilizada foi 28% maior.

Uma peculiaridade verificada nesta composição foi a resistência identificada para revestimento de argamassa intermediária e preparada em obra, que obtiveram os maiores valores, já com estabilizada detectou-se a menor resistência no teste, cerca de 35% inferior as demais.

Assim como nas composições com chapisco utilizando aditivo PVA não prevaleceram rupturas na camada de argamassa. Mas, identificou-se rompimentos nas camadas do substrato e chapisco, tal como na interface entre chapisco e argamassa.

4.6. CUSTOS ATRIBUIDOS AOS DIFERENTES TIPOS DE ARGAMASSAS

Em relação ao custo atribuído ao revestimento de argamassa deve-se levar em consideração diversos fatores, os quais tem vínculo direto com o tipo de argamassa utilizada, a tecnologia empregada e a produtividade da equipe de execução. Porém, pode-se dividir este custo em dois, uma parte composta pelos materiais utilizados e outra, pela mão de obra necessária na execução.

Para a determinação do custo da hora da mão de obra, levou-se em consideração que um profissional pedreiro tem um custo de R\$ 3.500,00 por mês, incluindo encargos trabalhistas e que a carga horária mensal fica em torno de 218 horas. Sendo assim, tem-se um custo de mão de obra de 16 reais a hora do pedreiro, já para o servente o preço fica em torno de 11 reais a hora trabalhada.

Com a observação da vivência diária no canteiro de obras, verificou-se o tempo atrelado a cada uma das etapas construtivas do revestimento argamassado e os respectivos profissionais designados as tarefas. Em revestimentos dosados em obra (como a argamassa intermediária e rodada em obra) tem-se:

- O recebimento, descarregamento e armazenamento dos materiais que são realizados pelo servente;
- A dosagem e mistura na betoneira dos materiais presentes no traço, onde faz-se necessário o profissional servente e pedreiro;
- O transporte da mistura até o posto de trabalho que é realizado pelo servente;

- A execução do revestimento de argamassa na designada parede que é feita pelo pedreiro;
- E a limpeza do local de execução do revestimento fica a cargo do servente de pedreiro.

Já para a argamassa estabilizada se faz necessário apenas o transporte até o local, execução do revestimento e limpeza. Portanto, as duas primeiras etapas não se fazem necessário pois o material vem pronto para uso.

Para análise financeira se identificou as quantidades dos materiais e traços de cada um dos 9 tipos de sistemas construtivos de revestimentos presentes no estudo, assim como verificou-se com os fornecedores da região os preços de cada um dos itens utilizados.

4.6.1. Custo dos materiais das argamassas

4.6.1.1. Argamassa preparada em obra

Como citado na metodologia o traço utilizado na argamassa preparada em obra foi de 1:2:7 (cimento: Cal: Areia), em volume, sendo essas proporções determinantes para a quantidade de material empregado na mistura. A partir das quantidades designadas e dos preços dos fornecedores da região elaborou-se a Tabela 22 com o detalhamento do custo dos materiais desta argamassa. Para identificar o preço por m² assumiu-se 2 cm de espessura do revestimento.

Tabela 22 – Custo dos materiais da argamassa preparada em obra

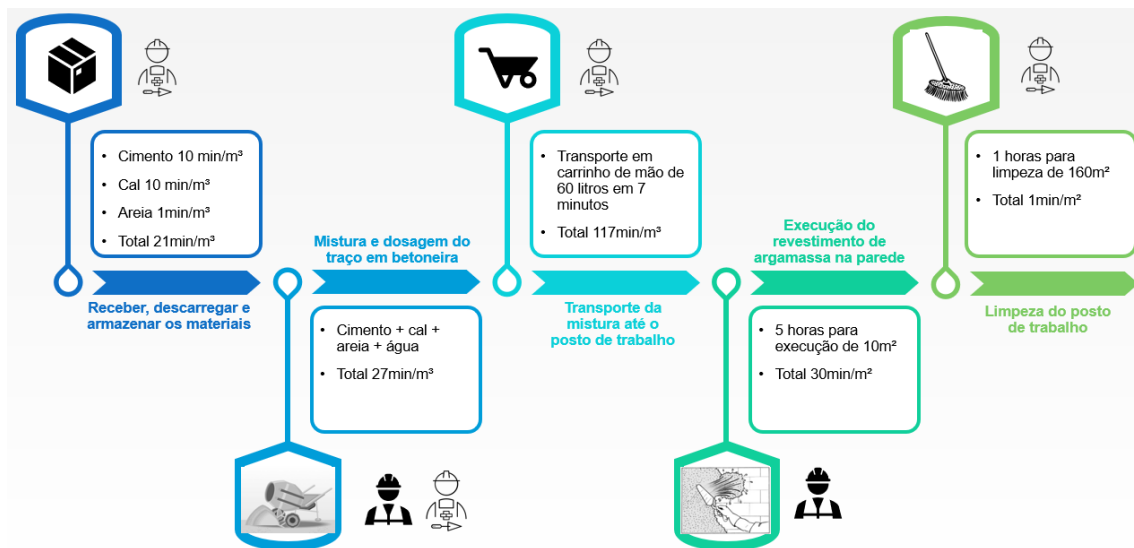
Material	Quantidade traço (L)	Quantidade para 1m ³	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$/m ²)
Cimento	48,6	257,5kg (6sc de 50kg)	20,50/(sc de 50kg)	2,46
Cal	108	106,32kg (6sc de 20kg)	7,81/(sc de 20kg)	0,94
Areia fina	378	0,68m ³	55/m ³	0,75
Aditivo	0,20	0,36L	3/L	0,02
Água	24	0,043m ³	2,23/m ³	0,002
				4,17

Fonte: autora (2020).

Já em relação ao custo referente a mão de obra de execução, neste tipo de argamassa tem-se um maior número de atividades envolvidas no processo construtivo (REGATTIERI e

SILVA, 2003). Etapas como recebimento de material, transporte e estocagem do mesmo necessitam dos profissionais da obra e consequentemente geram um custo adicional atribuído a execução deste revestimento. A Figura 51 demonstra todas as etapas para a execução de um revestimento de argamassa preparada em obra, com os designados tempos e profissionais para realização.

Figura 51 – Esquema da linha de produção da argamassa preparada em obra



Fonte: autora (2020).

Na Tabela 23 tem-se os tempos levantados em obra para cada etapa na produção do revestimento de argamassa e seus respectivos custos. Para se determinar o valor considerou-se qual profissional executa a atividade e seu valor por m² (conforme citado anteriormente).

Tabela 23 – Custo de mão de obra da argamassa preparada em obra

Atividades	h/m ²	R\$/m ²
Receber material	0,01	0,08
Mistura	0,01	0,24
Transporte	0,04	0,43
Execução	0,50	8,00
Limpeza	0,02	0,18
Total	0,57	8,93

Fonte: autora (2020).

Assim, o custo dos materiais e mão de obra da argamassa dosada em obra foram de R\$ 4,17/m² e R\$ 8,93/m², respectivamente.

4.6.1.2. Argamassa estabilizada

A argamassa estabilizada provém de central e vem pronta para uso, sendo seu traço estabelecido pelo fornecedor e o custo é repassado por m³. Na Tabela 24 encontra-se a conversão do valor para metro quadrado atribuindo 2 cm de espessura do revestimento.

Tabela 24 – Custo da argamassa estabilizada

Material	Quantidade traço (L)	Quantidade para 1m ³	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$/m ²)
Argamassa estabilizada	-	1m ³	245/m ³	4,90
				4,90

Fonte: autora (2020).

Para verificação do tempo atrelado a mão de obra é realizada sua correlação com o tempo necessário para fazer cada uma das atividades, a Figura 52 detalha as etapas realizadas na argamassa estabilizada. Sendo que a mesma exige menos ações da mão de obra que as demais argamassas, como a mistura vem pronta da central em caminhão betoneira, etapas como recebimentos dos materiais, mistura e dosagem não ocorrem.

Figura 52 – Esquema da linha de produção da argamassa estabilizada



Fonte: autora (2020).

Diferentemente de outros tipos de argamassa nesta, a mão de obra só se faz necessária para o transporte, execução e limpeza do revestimento. Os tempos para cada atividade e seus respectivos custos são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Custo de mão de obra da argamassa estabilizada

Atividades	h/m²	R\$/m²
Receber material	0	0
Mistura	0	0
Transporte	0,04	0,43
Execução	0,50	8,00
Limpeza	0,02	0,18
Total	0,56	8,61

Fonte: autora (2020).

Portanto, a argamassa estabilizada possui apenas 3 atividades com necessidade da utilização de profissionais da área, totalizando 33,6 minutos/m² e o custo mão de obra de R\$ 8,61/m². Já o custo da argamassa estabilizada foi de R\$ 4,90/m².

4.6.1.3. Argamassa intermediária

A argamassa intermediária tem em seu traço o material chamado na região como “massa pronta” (mistura de cal e areia) que provém dosado pelo fornecedor, em obra é misturado com cimento em 1:7 (cimento: argamassa intermediária). Na Tabela 26 tem-se as quantidades e custos por m², estipulando uma espessura de 2 cm do revestimento.

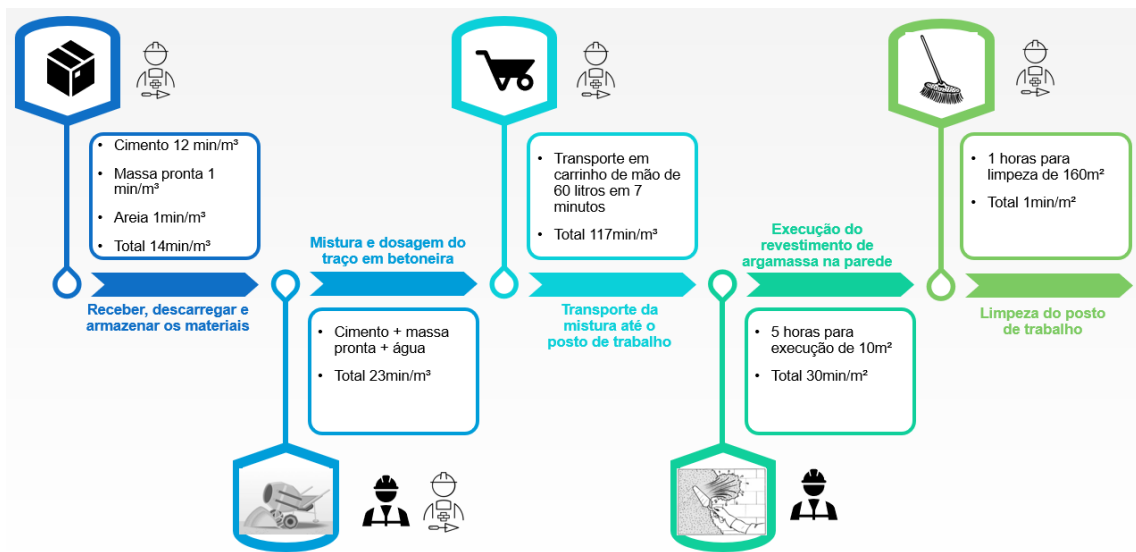
Tabela 26 – Custo dos materiais da argamassa intermediária

Material	Quantidade traço (L)	Quantidade para 1m³	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$/m²)
Cimento	48,6	319,12kg (7 ^{sc} de 50kg)	20,50/(sc de 50kg)	2,87
Argamassa de areia e cal	378	0,83m ³	105/m ³	1,74
Aditivo	0,20	0,44L	3/L	0,03
Água	24	0,053m ³	2,23/m ³	0,002
				4,64

Fonte: autora (2020).

Este tipo de argamassa tem suas atividades de produção semelhante das preparadas em obra, a mudança ocorre pela quantidade de materiais que há no traço (necessário receber, descarregar e dosar). Sendo assim, com os tempos definidos com base na experiência em canteiro esquematizou-se as etapas e os tempos envolvidos neste tipo de argamassa, apresentadas na Figura 53.

Figura 53 – Esquema da linha de produção da argamassa intermediária



Fonte: autora (2020).

Após esta análise calculou-se o preço para cada uma das atividades. E na Tabela 27 detalhou-se os tempos e custos de cada uma das etapas construtivas, por metro quadrado.

Tabela 27 – Custo de mão de obra da argamassa intermediária

Atividades	h/m ²	R\$/m ²
Receber material	0,005	0,05
Mistura	0,01	0,21
Transporte	0,04	0,43
Execução	0,50	8,00
Limpeza	0,02	0,18
Total	0,57	8,87

Fonte: autora (2020).

Deste modo, o tempo de execução foi igual ao da argamassa preparada em obra, de 34,2 minutos por metro quadrado com custo de mão de obra de R\$ 8,87/m² e de R\$ 4,64/m² em

materiais. Sendo necessário os profissionais executarem 5 atividades, para a produção da argamassa intermediária.

4.6.2. Custo do chapisco de revestimentos argamassado

O traço utilizado para o chapisco foi de 1:3 com areia grossa, conforme citado na metodologia. Porém, executou-se chapisco com dois aditivos diferentes, o aditivo de copolímeros e outro de PVA.

A Tabela 28 cita o quantitativo e preço unitário dos materiais designados para o chapisco com aditivo PVA e a Tabela 29 com aditivo de copolímeros. Resultando no preço total em m² da composição.

Tabela 28 – Custo dos materiais do chapisco com aditivo PVA

Material	Quantidade traço (L)	Quantidade para 1m ³	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$/m ²)
Cimento	48,6	739kg (15sc de 50kg)	20,50/(sc de 50kg)	6,15
Areia grossa	121,5	0,62m ³	55/m ³	0,68
Aditivo PVA	0,6	0,003L	5,5/L	0,0003
Água	24	0,12m ³	2,23/m ³	0,005
				6,84

Fonte: autora (2020).

Tabela 29 – Custo dos materiais do chapisco com aditivo de copolímeros

Material	Quantidade traço (L)	Quantidade para 1m ³	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$/m ²)
Cimento	48,6	739kg (15sc de 50kg)	20,50/(sc de 50kg)	6,15
Areia grossa	121,5	0,62m ³	55/m ³	0,68
Aditivo de copolímeros	0,6	0,003L	8,3/L	0,0005
Água	24	0,12m ³	2,23/m ³	0,005
				6,84

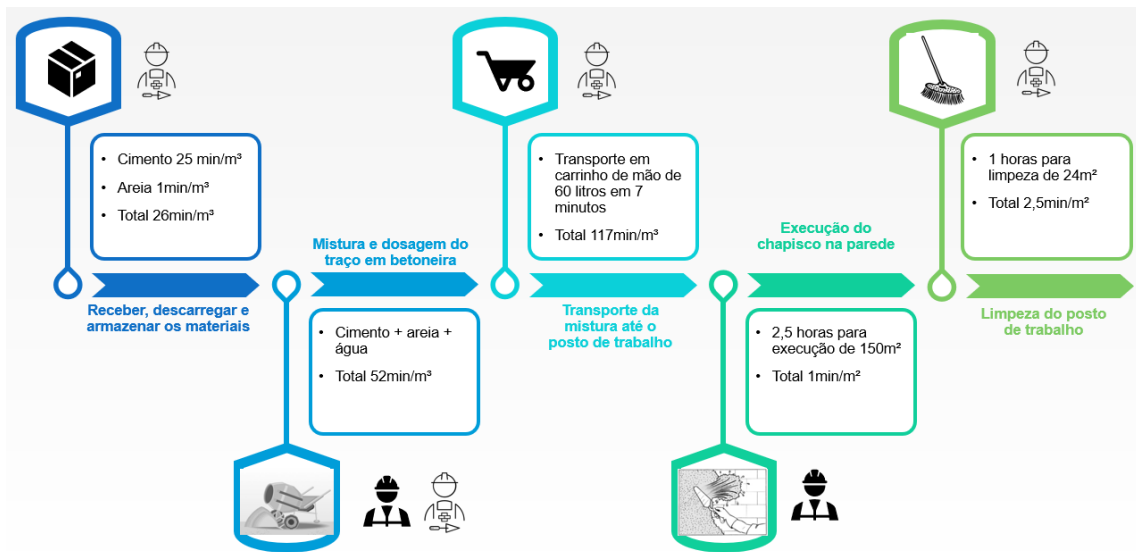
Fonte: autora (2020).

Nota-se que o preço total de ambas as variações ficou idêntica, mesmo com o valor unitário do litro do aditivo de copolímeros sendo superior ao preço do aditivo de PVA. Pois a

quantidade do material é pequena para a proporção dos demais materiais do traço, então este valor se torna desprezível.

Já referente as etapas de produção do chapisco, estas são as mesmas das argamassas que são dosadas em obra. Na Figura 54 apresenta-se os tempos e sequência de atividades necessárias. A partir destas informações fez-se a análise dos custos de mão de obra atribuídos ao chapisco (Tabela 30).

Figura 54 – Esquema da linha de produção do chapisco



Fonte: autora (2020).

Tabela 30 – Custo de mão de obra do chapisco

Atividades	h/m ²	R\$/m ²
Receber material	0,003	0,03
Mistura	0,01	0,14
Transporte	0,01	0,13
Execução	0,02	0,27
Limpeza	0,04	0,46
Total	0,08	1,02

Fonte: autora (2020).

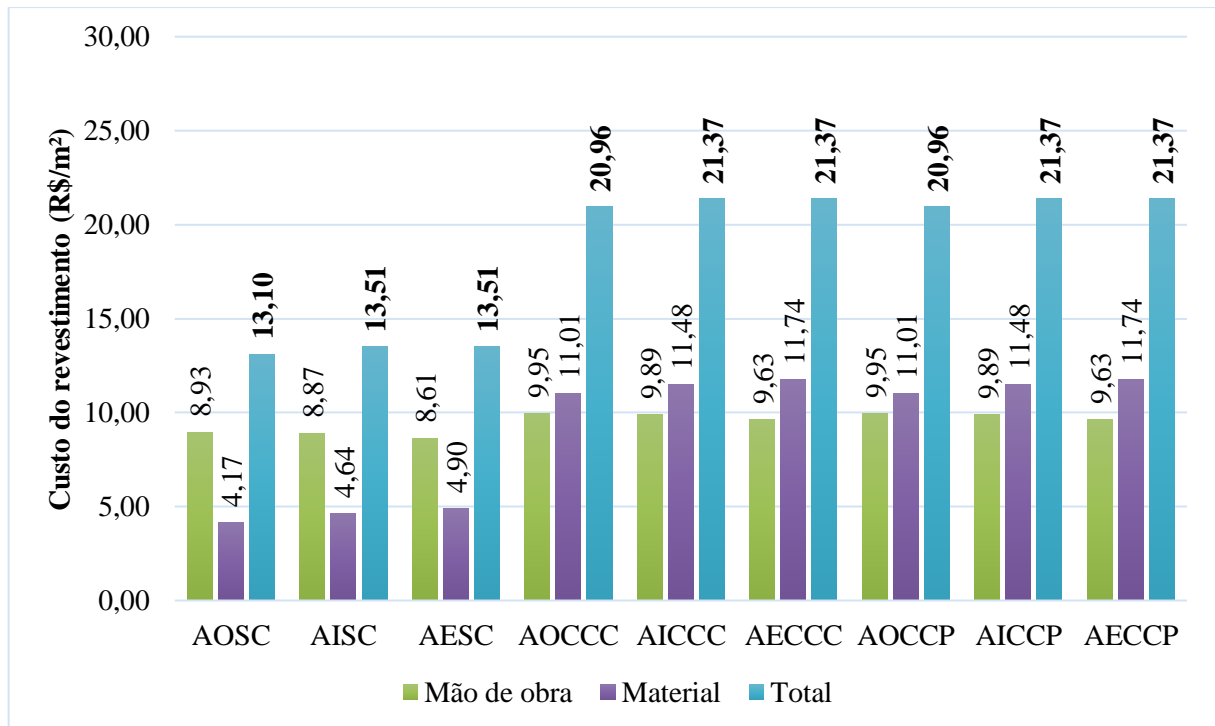
Visto isso, utilizar o chapisco no sistema argamassado agrega um valor de R\$ 1,02/m² de mão de obra e R\$ 6,84/m² de materiais (acrescentando cerca de 2 reais por metro quadrado na composição). Além disto, é necessário profissionais para executar as mesmas 5 atividades das argamassas preparadas em obra.

4.6.3. Compilado dos custos dos revestimentos de argamassa

Verificou-se o custo por metro quadrado atribuído a cada um dos sistemas construtivos empregados para revestimento argamassado (Figura 55), ao qual engloba o custo de material e mão de obra. Quando se averigua o valor dos materiais nota-se uma dependência (acréscimo ou decréscimo de custo) das variações propostas no estudo, como alterações do tipo de argamassa e a execução ou não do chapisco no revestimento.

De outro modo, analisou-se que em relação ao aditivo no chapisco, aferiu-se que a mudança do tipo se tornou irrelevante ao custo dos materiais do sistema visto que, o preço total é igual em ambos. Já investigando-se o preço da mão de obra, notou-se uma relação direta com a quantidade de etapas presentes no processo de execução (e conseqüentemente a associação de funcionários necessários para estas).

Figura 55 – Custo de material e mão de obra por metro quadrado dos revestimentos de argamassa



Fonte: autora (2020).

Sendo assim, observa-se que em relação aos materiais empregados, as composições sem chapisco são as mais econômicas, visto que no traço do chapisco há um grande consumo de cimento em contraste a argamassa utilizada. Verificou-se então esta diferença de valor dos

materiais, apenas de argamassa e apenas de chapisco através de seus preços médios (sem vincular ao tipo de argamassa), R\$ 4,57/m² e R\$ 6,84/m² respectivamente. Em uma breve comparação entre o preço da camada de chapisco e de argamassa, constata que o primeiro é cerca de 30% maior que o segundo, além do chapisco representar 60% do valor pago pelos materiais em um revestimento.

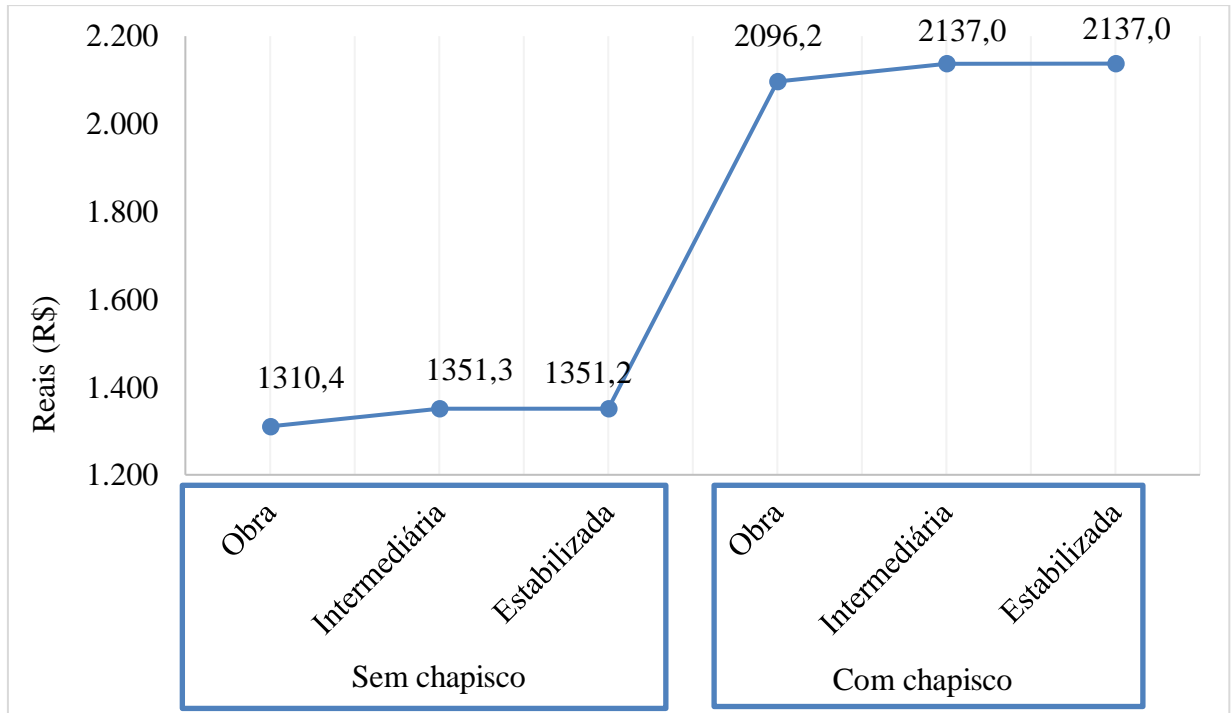
Quando se analisa o custo de materiais do sistema de revestimento argamassado, comprova-se que a argamassa rodada em obra é cerca de 4% e 6% mais barata que a argamassa intermediária e estabilizada respectivamente. Já a argamassa intermediária resultou em um preço 2,2% menor que a estabilizada.

Em relação a mão de obra tem-se uma relação direta do seu custo com a quantidade de atividades que o profissional precisa realizar. Mas, analisando cada um dos tempos designados para as atividades, a execução do próprio revestimento (projetar a argamassa e realizar o nivelamento) é a atividade que se faz necessário mais minutos por metro quadrado que as demais (88% do tempo total). E como a mesma é realizada em todos os tipos de argamassa, torna-se pouco expressiva a diferença deste custo em dependência do tipo de argamassa.

Entretanto, a variação dos custos de mão de obra dos revestimentos com e sem chapisco foi relevante, em cerca de 10,35% maior para os casos com chapisco. A argamassa estabilizada se constituiu a mais barata em relação a mão de obra, seguido pela intermediária e preparada em obra. A porcentagem de incremento de custo foi de 2,5% na intermediária e 3% preparada em obra, em relação a estabilizada (relacionando-se os sistemas com chapisco).

Para uma melhor visualização das perspectivas apresentadas estimou-se uma área para execução do reboco de 100 m², sendo assim, verificou-se a grandeza dos custos de cada uma das argamassas estudadas (Figura 56). A alternância identificada foi de até 35,5%, sendo o maior pico de variação quando se adiciona o chapisco no sistema argamassado.

Figura 56 – Custo dos revestimentos de argamassa para 100 m²



Fonte: autora (2020).

Por fim, examinou-se a porcentagem equivalente ao material e mão de obra no custo total do revestimento (Figura 57 e 58). Verificou-se então que as variações de porcentagem, de cada um dos dois custos em relação ao custo total, não foram tão significativas com as mudanças do tipo de argamassa. Já para a análise entre revestimentos com e sem chapisco constatou-se grandes índices de alternância.

Figura 57 – Porcentagem do custo de material e mão de obra em revestimentos com chapisco



Fonte: autora (2020).

Figura 58 – Porcentagem do custo de material e mão de obra em revestimentos sem chapisco



Fonte: autora (2020).

Notou-se então que os materiais dos sistemas com presença do chapisco constituem de 53 a 55% do preço total, sendo desde cerca de 32% providos dos materiais do chapisco. Portanto realizando-se um bom estudo orçamentário prévio destes materiais pode-se gerar uma grande diminuição no preço final.

Já em revestimentos sem o uso do chapisco a proporção do custo dos materiais em relação ao total cai para 32% (em média) e a mão de obra torna-se o custo determinante para o preço final, dentre 64% a 68%. Neste caso ações como melhoria da produtividade poderiam tornar o custo final do revestimento menor.

5. CONCLUSÃO

Dentre os diversos tipos de argamassas empregados para a construção de sistemas de revestimento argamassado, este estudo contribuiu para a avaliação de desempenho mecânico de três tipos de argamassas empregadas na região de Joinville/SC: misturada em obra, estabilizada e argamassa intermediária. Estes traços foram aplicados utilizando 3 situações de chapisco cada (sem chapisco, com chapisco utilizando PVA e outra utilizando copolímeros (AESC, AECCP, AECCC). Além disto, verificou-se os custos atrelados a execução (referente aos materiais e mão de obra), para a identificação do sistema de revestimento que apresentasse a melhor relação custo x desempenho.

Um dos principais critérios para a avaliação da qualidade dos sistemas de revestimento argamassado é a resistência de aderência a tração, sendo parametrizado pelas NBR 13.749 (ABNT, 2013). Em parâmetros gerais, obteve-se os melhores desempenhos, em relação as resistências à arrancamento dos sistemas de revestimento testados, nos quais empregou-se argamassa intermediária e os revestimentos com argamassa preparada em obra apresentaram os piores desempenhos de resistência, dentre os três tipos estudados. Todavia, observou-se algumas variações destes padrões de resistência em decorrência das modificações realizadas no sistema, como na testagem do revestimento com e sem chapisco, assim como o tipo de argamassa presente no sistema.

Observou-se desempenho superior aos requisitos necessários (aderência de 0,2MPa) em oito dos nove sistemas de argamassa testados. Portanto, a partir da análise deste critério, pode-se utilizar para revestimentos de parede interna todas as variações com argamassa intermediária e estabilizada (com e sem chapisco). Já os revestimentos com argamassa preparada em obra só podem ser utilizados mediante o emprego de chapisco, visto que sem este não apresenta os requisitos de desempenho indicados pelas normas.

Sendo assim, em revestimentos sem chapisco e com argamassa intermediária obteve-se uma resistência de 0,38 MPa, subsequente a argamassa estabilizada e preparada em obra com uma resistência a aderência inferior em 0,07% (0,35 MPa) e 60% (0,15 MPa), respectivamente. Já em revestimentos com chapisco, utilizando aditivo PVA atingiu-se 0,62MPa com a argamassa intermediária e os índices foram menores em cerca de 35% (0,40MPa) para sistemas com argamassa estabilizada e preparada em obra (as quais apresentaram resistências idênticas). Entretanto, notou-se mudanças nos resultados de arrancamento em sistemas argamassados com aditivo de copolímeros no chapisco, onde verificou-se um bom desempenho da argamassa preparada em obra com a maior resistência igualmente à intermediária (0,45MPa) e a

estabilizada inferior em 40% (0,28MPa). Desta maneira, pode-se afirmar, com 90% de confiança, que a variação do tipo de argamassa e tipo de chapisco, utilizados no revestimento apresenta influência significativa na resistência à tração por arrancamento dos sistemas de revestimento.

Sendo assim, o desempenho dos revestimentos atrelados a utilização ou não do chapisco é dependente do tipo de argamassa utilizado, como verificado na argamassa intermediária e estabilizada suas composições sem o mesmo alcançaram a resistência necessária, contrariamente à argamassa dosada em obra. Entretanto, como a prática de executar a camada do chapisco é largamente difundida na construção civil (empregando-o como incorporador de aderência), deve-se ter cautela em pontuar a remoção por completa do mesmo no sistema de revestimento, que dependerá de uma minuciosa investigação contemplando outros fatores pontuais de aplicação como, o local (interno ou externo) e o substrato.

Analisando o modo de ruptura predominante nos corpos de prova não se notou um padrão de falha. Identificou-se muitas variações dos locais de fratura em relação ao tipo de argamassa. Mas, em nenhum dos casos, a camada específica de argamassa foi a região mais frágil do sistema de revestimento. Este fato demonstra a boa resistência da mesma e a possibilidade de instabilidade de outros elementos do sistema.

Outro parâmetro que deve ser analisado no momento de escolha do revestimento é o custo atrelado as opções de revestimentos. No estudo constatou-se uma relação dos custos dos materiais inversamente proporcional a tecnologia utilizada na execução da argamassa. Uma vez que a preparada em obra obteve o menor valor, seguida pela intermediária e a estabilizada, com o maior custo de materiais por metro quadrado. Quanto ao custo da mão de obra houve-se uma relação inversa, com a tecnologia contribuindo na diminuição do número de etapas envolvidas na execução do revestimento (e conseqüentemente o tempo do profissional atrelado as mesmas).

Analisando-se os custos totais dos revestimentos (com as mudanças no tipo de argamassa) obteve-se variações nas proporções de 2% (com uso de chapisco) a 3% (sem o uso do chapisco), onde a utilização do chapisco proporcionou um incremento de 37% no preço médio do sistema. Verificou-se no estudo que os revestimentos executados com chapisco e argamassa preparada em obra custou R\$ 20,96/m², já os sistemas com chapisco na composição e utilizando argamassa intermediária ou estabilizada apurou-se o valor de R\$ 21,37/m². Entretanto, apesar de possuir o mesmo custo total há diferenças de custo de mão de obra e materiais com o uso da argamassa estabilizada e intermediária.

Em relação ao custo de materiais os revestimentos com argamassa preparada em obra foram os mais baratos (R\$11,01/m²), quando utilizou-se o chapisco o valor da argamassa intermediária foi 4% maior e da argamassa estabilizada foi 6%, já em composições sem chapisco a variação foi ainda maior, 10% e 15% respectivamente. No entanto, nos custos de mão de obra os sistemas com estabilizada foram os mais econômicos (R\$9,63/m²), sendo 2,5% menor que o preço da intermediária e 3% da dosada em obra (em relação a sistemas sem chapisco, não se identificou maiores variações que as citadas, 3% e 3,5%).

Portanto, pelos resultados observados, pode-se afirmar que a argamassa intermediária apresenta a relação mais favorável entre custo x desempenho, examinando as circunstâncias do estudo. Sendo que a mesma apresentou as melhores resistências a aderência e um custo sem grandes variações para com as demais. Ressaltando que se deve atentar para uma dosagem adequada e cumprir com as recomendações do fornecedor da argamassa intermediária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENO PORTLAND. **Manual de revestimentos de argamassa**. Projeto revestimentos de argamassa – Comunidade da Construção. 2002. Disponível em: <https://bit.ly/2NbY2vG>. Acesso em: 17 out. 2019.

_____. **NBR 15270-1**. Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria — Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **NBR 7200**. Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **NBR 13528**. Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas — Determinação da resistência de aderência à tração. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

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

_____. **NBR 13529**. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ARAÚJO JUNIOR, J. M. **Contribuição ao estudo das propriedades físico-mecânicas das argamassas de revestimento**. 2004. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2004.

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

BARBOSA, J.; BORJA, E.; SOARES, M. **Identificação e caracterização de argamassas industrializadas na cidade de Natal-RN**. Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Natal. Disponível em: <https://bit.ly/30Xqvgv>. Acesso em: 05 nov. 2019.

BARRETO, M. F. O.; BRANDÃO, P. R. G. Avaliação da resistência de aderência à tração de argamassas de cimento Portland novas e envelhecidas. *In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS. Anais [...]* 09 a 13 de nov. Cuiabá, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2Cdbay7>. Acesso em: 01 jun. 2020.

BASTOS, P. K. X. **Retração e desenvolvimento de propriedades mecânicas de argamassas mistas de revestimento**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Universidade de São Paulo, 2001.

BAUER, R. J. F. Falhas em revestimento. *In: BAUER, L. A. F. Materiais de construção 2*. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013 p. 903-945.

BAUER, E. Sistemas de revestimento de argamassa-generalidades. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/2V1pGjg>. Acesso em: 30 out. 2019.

BAUER, E. *et al.* Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento. *In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS*. **Anais [...]** 28 a 30 de abril, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3hNWXs3>. Acesso em: 10 nov. 2019.

BARRÊTO NETO, J. A.; OLIVEIRA, J. B.; MELO, J. M. R. Estudo comparativo entre argamassa estabilizada e argamassa convencional para revestimento. *In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA*. **Anais [...]** 21 a 24 de ago. Maceió, 2018. Disponível em: <https://bit.ly/37tUUF1>. Acesso em: 10 out. 2020.

BUENO, C. F. H. **Tecnologia de materiais de construção**. Departamento de Engenharia Agrícola Construções Rurais e Ambiente. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2000. Disponível em: <https://bit.ly/327hbpg>. Acesso em: 18 ago. 2020.

CAMPOS, M. O. **Estudo da resistência de aderência à tração e ao cisalhamento de revestimentos de argamassa em substratos de concreto**. 2014. Dissertação (Mestrado em Estrutura e Construção Civil) – Escola de Engenharia Civil, Universidade de Goiás, Goiânia, 2014.

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

CARASEK, H. Argamassas. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Instituto Brasileiro de Concreto (IBRACON), 2010. 2v. p. 893-944.

CARASEK, H. Avaliação de resultados do ensaio de resistência de aderência de revestimentos de argamassa. **Téchne**, São Paulo: Pini, v. 185, p. 24-31, ago. 2012.

CARASEK, H. **Diretrizes para a interpretação de resultados de ensaios de resistência de aderência em revestimentos de argamassa**. [Goiânia], [201-]. 63 slides. Disponível em: <https://bit.ly/2DU46HI>. Acesso em: 02 nov. 2019.

CARASEK, H. Ensaio de aderência para revestimentos de argamassa. *In: XXV JORNADAS SUL-AMERICANAS DE ENGENHARIA ESTRUTURAL*. **Anais [...]** Porto Alegre, 1991.

CARASEK, H. Patologia das argamassas de revestimento. *In: ISAIA, G. C. Materiais de construção e princípios de ciência e engenharia de materiais*. São Paulo: IBRACON, 2007, p. 1-11.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; JUCÁ, T. Estudo de casos de descolamento de revestimento de argamassa aplicado sobre estrutura de concreto. *In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS*. **Anais [...]** 24 a 25 de maio, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 551-561. Florianópolis, 2005.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M.B. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. *In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...] 23 a 25 de maio, Universidade de Brasília, p. 43-67. Brasília, 2001.*

CARVALHO, D. P. **Estudo da interface entre blocos cerâmicos e argamassas de chapisco.** 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

CASALI, J. M. *et al.* Avaliação das propriedades do estado fresco e endurecido da argamassa estabilizada para revestimento. *In: IX SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...] 17 a 20 de maio, Universidade Federal de Juiz de Fora e Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/2YSIxPy>. Acesso em: 11 nov. 2019.*

CEOTTO, L. H.; BANDUCK, R.B.; NAKAKURA, E. H. **Revestimentos de argamassas: boas práticas em projeto, execução e avaliação.** Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2005.

CEOTTO, L.H.; FRIGIERI, V.; NAKAKURA, E. H. CASE INPAR - A implantação de uma inovação. *In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...] São Paulo, 2003.*

CESTARI, D. de J. **O efeito da adição do copolímero vinil veova em argamassas de revestimento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2001. Disponível em: <https://bit.ly/34b00G3>. Acesso em: 18 ago. 2020.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. **Boletim 68.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Publicação Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT 2378.

CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CARASEK, H. **Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio.** São Paulo, 1995.

COSTA, F. N. **Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: problemas e oportunidades de melhorias.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

CRUZ, R. J. P. **Estudo da aderência do revestimento de argamassa executado com chapisco lançado e rolado sobre substrato de bloco cerâmico e de concreto.** 2015. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.

DEGRAUS. **As vantagens de optar pela locação de uma betoneira.** 2017. Disponível em: <https://bit.ly/37Jx9Z7>. Acesso: 15 nov. 2019.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução.** 2. ed. São Paulo: Pini, 2009.

GASPAR, P. L.; FLORES, I.; BRITO, J. **Técnicas de diagnóstico e classificação de fissuração em fachadas rebocadas**. 2007. Disponível em: <https://bit.ly/2YR1Wz9>. Acesso em: 19 fev. 2020.

GETTYIMAGES. **Betoneira**. Disponível em: encurtador.com.br/zOVW0. Acesso: 15 nov. 2019.

GODOY, E. H. P.; BARROS, M. S. B. Diretrizes para produção de contrapisos estanques. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (BT/PCC/268)** – Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, p. 36. 2000. Disponível em: <https://bit.ly/327JhRx>. Acesso em: 18 ago. 2020.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos em argamassa**: estudo de caso. 2004. Dissertação (Mestrado em Estrutura e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

GONÇALVES, S. R. C.; BAUER, E. Estudo de caso da variação da resistência de aderência à tração em uma parede. *In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA. Anais [...]* 24 a 25 de maio, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 562-567. Florianópolis, 2005.

HERMANN, A.; ROCHA, J. P. A. **Pesquisa de viabilidade da utilização da argamassa estabilizada modificada para revestimento sem a necessidade de aplicação do chapisco**. 2013. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

HUANG, B. WU, H. SHU, X. BURDETTE, E.G. **Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete**. Elsevier Journal. Construction and Building Materials, v. 24, p. 818-823, 2009.

IOPPI, P. R. **Estudo da aderência de argamassas de revestimento em substratos de concreto**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

JOHN, V. M. **Cimentos de escória ativada com silicatos de sódio**. São Paulo, 1995. Tese. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo

KAZMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa. **Estudos Tecnológicos**, v. 3, n. 1, p. 47-58, jan./jun. 2007.

KEBHARD, J. M.; KAZMIERCZAK, C. S. Avaliação do comportamento de uma argamassa estabilizada ao longo de seu tempo de estabilização. *In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA. Anais [...]* 22 a 24 de agosto, Universidade de São Paulo, ISSN 2446-6824. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/3deHXzN>. Acesso em: 30 out. 2019.

LEAL, F. E. C. B. **Estudo do Desempenho do Chapisco como Procedimento de Preparação de Base em Sistemas de Revestimento**. 2003. Dissertação (Mestrado em

Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2003. Disponível em: <https://bit.ly/324mwxF>. Acesso em: 18 ago. 2020.

LUCCHESI, G. **Verificação da influência da adição da cola branca nas propriedades da argamassa de revestimento: subtítulo**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas, Foz do Iguaçu, 2016.

MACIOSKI, G. *et al.* Avaliação de propriedades no estado fresco e endurecido de argamassas estabilizadas. *In: X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSA. Anais [...]* 07 a 09 de maio, Universidade Federal do Ceará, ISSN 2238-0191. Fortaleza, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/37I6ADL>. Acesso em: 30 out. 2019.

MARCONDES, C. G. Cimento Itambé. **Características e Benefícios da argamassa estabilizada**. 2009. Disponível em: <https://bit.ly/2Bj6tT1>. Acesso em: 30 out. 2019.

NASCIMENTO, O. L. *et al.* Estudo da influência de aditivo adesivo e de tipos de cimento na aderência chapisco em base de concreto. *In: VI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...]* 24 a 25 de maio, Universidade Federal de Santa Catarina, p. 497-507. Florianópolis, 2005.

NASCIMENTO, O. L.; REIS, R. J. P.; COSTA, T.R. Metodologia simplificada para avaliação de aderência em argamassa de revestimento sobre estrutura de concreto armado em canteiros-de-obras. *In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...]* São Paulo, 2003.

MANN NETO, A.; ANDRADE, D. C.; SOTO, N. T. A. **Estudo das propriedades e viabilidade técnica da argamassa estabilizada**. 2010. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2010.

MANN NETO, A.; DJANIKIAN, J. G. Aspectos de desempenho da argamassa dosada em central. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (BT/PCC/235)** – Departamento de Engenharia Civil, São Paulo, p. 23. 1999. Disponível em: <https://bit.ly/2YJRDgq>. Acesso em: 12 nov. 2019.

PAES, I. N. L.; GONÇALVES, S. R. C. Dos momentos iniciais pós-aplicação ao desenvolvimento da aderência. **Revestimentos de argamassa: características e peculiaridades**. Brasília: Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/3diazbg>. Acesso em: 30 out. 2019.

PEREIRA, C. H. A. F. **Contribuição ao estudo da fissuração, da retração e do mecanismo de descolamento do revestimento à base de argamassa**. 2007. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

PARAVISI, S. **Avaliação de Sistemas de Produção de Revestimentos de Fachada com Aplicação Mecânica e Manual de Argamassa**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

REGATTIERI, C. E.; SILVA, L. L. R. **Ganhos potenciais na utilização da argamassa industrializada**. 2003. Disponível em: <https://bit.ly/2UXEpM9>. Acesso em: 05 nov. 2019.

RIBAS, L. C.; CARVALHO JÚNIOR, A. N. Ganhos no potencial produtivo através da substituição de argamassa de revestimento rodada em obra por industrializada em sacos. *In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais [...]* 09 a 11 de outubro, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, 2007. Disponível em: <https://bit.ly/3fzXo7h>. Acesso em: 10 nov. 2019.

RUDUIT, F. R. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimentos de argamassa e chapiscos em substrato de concreto.** 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SALVI, C. R. **Avaliação da resistência de aderência á tração de argamassas de revestimentos sobre diferentes substratos na cidade de Guaporé/RS.** 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2017.

SANTOS, H. B. **Ensaio de aderência das argamassas de revestimento.** 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SANTOS, L. M. A. A. **Análise in-situ do comportamento mecânico de argamassas de revestimentos de fachadas.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <https://bit.ly/2YNgZKl>. Acesso em: 10 nov. 2019.

SCHMITZ, L. B.; ARAÚJO, J. F. B. **Análise experimental da resistência de aderência à tração em revestimentos argamassados.** 2014. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Construção Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

SCUSSEL, H. Z.; ANTUNES, E. G. P. **Avaliação da resistência de aderência de revestimentos argamassados projetados manualmente e mecanicamente – Estudo de caso.** 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017. Disponível em: <https://bit.ly/31UV1bz>. Acesso em: 02 jul. 2020.

SILVA, A. L. M. F. *et al.* **Influência de Aditivo PVA no Comportamento Reológico de Argamassa Elaborada a Partir de Resíduos Industriais.** *Cerâmica Industrial*, São Paulo, v. 20, p. 24-29, dez. 2014. Disponível em: <https://bit.ly/2Q2cGqA>. Acesso em: 18 ago. 2020.

SILVA, C. O.; NAKAKURA, E. H. A utilização de argamassa de revestimento em obras de pequeno porte – avaliação de estudo de caso de argamassa preparada em obra x argamassa industrializada. *In: IV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...]* 23 a 25 de maio, Universidade de Brasília, p. 549-565. Brasília, 2001.

SILVA, R. A. D.; PEREIRA, R. B.; PÓVOAS, Y. V. **Viabilidade da utilização de argamassa estabilizada através do ensaio de arrancamento.** *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*. Recife, v. 4, n. 4, p. 19-27, 2019.

SILVA, D. S. **Estudo Comparativo dos Métodos de Produção de Argamassas de Revestimento Utilizados em Obras do Município de Tubarão.** 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2008.

SILVA, J. F. **Efeito do tempo de exposição/armazenamento nas propriedades de argamassas intermediárias nos estados fresco e endurecido.** Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento Acadêmico de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019. Disponível em: <https://bit.ly/3928boQ>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SOUZA, R.; MEKBEKIAN, G. **Qualidade na aquisição de materiais e execução de obras.** São Paulo: Pini, 1996.

SOUZA, V. S.; DARÉ, M. E. **Estudo comparativo da produtividade de mão de obra entre os revestimentos internos de paredes com argamassas confeccionadas in loco e com argamassas estabilizadas.** 2014. Artigo submetido ao Curso de Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014. Disponível em: <https://bit.ly/3mDRu92>. Acesso em: 10 out. 2020.

TREVISOL JUNIOR., L. A.; PORTELA, K. F.; BRAGANÇA, M. O. G. P. Estudo comparativo entre as argamassas: estabilizada dosada em central, industrializada e produzida em obra por meio de ensaios físicos nos estados fresco e endurecido. *In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. Anais [...]* 28 a 30 de abril, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://bit.ly/3hGu0ht>. Acesso em: 10 nov. 2019.

TRISTÃO, F. A. **Influência da composição granulométrica da areia nas propriedades das argamassas de revestimento.** 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

TOTAL CONSTRUÇÃO. **Como fazer reboco? Rápido e Fácil.** 2019. Disponível em: <https://bit.ly/2CfwkM4>. Acesso em: 01 nov. 2019.

VALDAMERI, C. Z. **Avaliação dos parâmetros de desempenho para certificação de argamassas intermediárias.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

VEIGA, M. R. Comportamento de argamassas de revestimento de paredes. *In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS - SBTA. Anais [...]* São Paulo, 2003.

VIEIRA, F. M. P. *et al.* Influência dos tipos de substrato e argamassa na aderência dos revestimentos de argamassa. **Comunidade da Construção**, 2005.

ZULIAN, C. S.; DONÁ, E. C.; VARGAS, C. L. **Notas de aulas da disciplina de construção civil.** Ponta Grossa: Diretório acadêmico de Engenharia Civil da UEPG (DENGE), 2002.