

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

**MARCOS VINICIUS BIASIO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTO DE  
ARGAMASSA APLICADO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO  
LOCAL**

**CAXIAS DO SUL  
2020**

**MARCOS VINICIUS BIASIO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTO DE  
ARGAMASSA APLICADO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO  
LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Civil da Universidade de Caxias do Sul,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador Prof.: Me. Vinício Cecconello

**CAXIAS DO SUL**

**2020**

**MARCOS VINICIUS BIASIO**

**ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA EM REVESTIMENTO DE  
ARGAMASSA APLICADO EM PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS NO  
LOCAL**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Civil da Universidade de Caxias do Sul,  
como parte dos requisitos para  
obtenção do título de Engenheiro Civil.

**Aprovado em     /     /**

**Banca examinadora**

---

Prof. Me. Vinício Cecconello  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Me. Maurício Schäfer  
Universidade de Caxias do Sul

---

Prof. Me. Bruno R. C. Sartori  
Faculdade Esucri

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço aos meus pais Elza e Valderéz pelo zelo e apoio sem os quais não seria possível a conclusão desta etapa. Também, pelo incentivo ao estudo desde sempre transmitido.

Agradeço aos amigos e familiares pelos momentos de alegria que me deram força para seguir em frente e pela compreensão quando tive de me fazer ausente.

Agradeço ao meu orientador Vinício, pelo suporte, paciência e conhecimento passado no desenvolvimento do trabalho. Ao professor Maurício pela disponibilidade e contribuição oferecida nas revisões realizadas.

Agradeço aos laboratoristas da Universidade de Caxias do Sul César, Emerson, Luis e Mara pela colaboração e auxílio nas atividades propostas.

Agradeço aos colegas de curso que tornaram a jornada mais leve e enriquecedora, contribuindo de forma substancial ao meu crescimento.

Por fim, agradeço as demais pessoas e empresas que colaboraram na execução desta pesquisa.

## RESUMO

BIASIO, Marcos Vinicius. **Análise da resistência de aderência em revestimento de argamassa aplicado em paredes de concreto moldadas no local**. 2020. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2020.

Este trabalho tem como objetivo a análise da resistência de aderência de um revestimento argamassado aplicado em paredes de concreto. Para isso, foram moldados seis substratos de concreto por meio de formas de alumínio e o revestimento executado com argamassa industrializada. As variáveis analisadas foram a idade do substrato (11 e 117 dias) e o tratamento superficial (sem chapisco, com chapisco rolado e com chapisco convencional 1:3). Foram realizadas as caracterizações do agregado miúdo (distribuição granulométrica, massa específica e massa unitária), do cimento (índice de finura e massa específica), dos chapiscos (massa específica, índice de consistência, resistência à tração na flexão e à compressão), da argamassa (índice de consistência, densidade de massa no estado fresco, retenção de água, absorção capilar, densidade de massa no estado endurecido, resistência à tração na flexão e à compressão), do concreto (abatimento, absorção capilar, absorção total e resistência à compressão), do substrato (absorção pelo método do cachimbo) e do revestimento (resistência de aderência à tração). Observou-se que a aderência do revestimento de argamassa nas paredes sem tratamento superficial e nas paredes com chapisco convencional foi insuficiente, sendo zero o resultado da maior parte dos testemunhos no ensaio de resistência de aderência à tração. Por outro lado, nas paredes onde foi feito uso de chapisco rolado houve uma melhora na aderência do revestimento. A partir destas paredes, também se identificou uma maior resistência de aderência à tração nas paredes com cura de 11 dias, quando comparadas as paredes com cura de 117 dias executadas com o mesmo sistema de revestimento. Além disso, verificou-se que houve um aumento de resistência de aderência à tração no revestimento aplicado em substrato com maior absorção superficial e total e em substrato de menor resistência à compressão.

**Palavras-chave:** Paredes de concreto. Revestimento de argamassa. Aderência.

## ABSTRACT

BIASIO, Marcos Vinicius. **Analysis of adherence in mortar coating applied to concrete walls molded on site**. 2020. TCC (Graduation) – Civil Engineering Course, Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2020.

The objective of this research is to analyze the adherence of mortar coating applied to elements obtained through the concrete walls construction system. Six concrete substrates were molded using aluminum formworks and the coating was made with industrialized mortar. The variables analyzed were the age of the substrate (11 and 117 days) and the surface treatment (without roughcast, rolled roughcast and conventional roughcast 1:3). The characterizations of fine aggregate (granulometric distribution, specific mass and unit mass), cement (fineness index and specific mass), roughcasts (specific mass, consistency index, tensile strength in flexion and compression), mortar (consistency index, fresh mass density, water retention, capillary absorption, hardened mass density, tensile strength in flexion and compression), concrete (slump, capillary absorption, total absorption and resistance to compression), substrate (absorption by the pipe method) and coating (tensile bond strength). It was observed that the adherence of the mortar coating on the walls without superficial treatment and on the walls with conventional roughcast was insufficient, being zero the result of most of the testimonies in the tensile adherence strength test. On the other hand, on the walls where rolled roughcast was used, there was an improvement in the adhesion of the coating. From these walls, a greater resistance to traction adhesion was also identified in the walls with curing of 11 days, when compared to the walls with curing of 117 days executed with the same coating system. In addition, it was found that there was an increase in tensile adherence strength in the coating on substrate with greater total and surface absorption and in substrate with less resistance to compression.

**Keywords:** Concrete walls. Mortar coating. Adherence.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fatores que exercem influência na aderência .....	37
Figura 2 - Formas de ruptura em revestimentos com chapisco.....	40
Figura 3 - Formas de ruptura em revestimentos sem chapisco.....	40
Figura 4 - Fluxograma do plano experimental .....	44
Figura 5 – (a) Concretagem do substrato, (b) Substrato deformado .....	45
Figura 6 - Determinação granulométrica .....	48
Figura 7 - Curva granulométrica do agregado miúdo .....	49
Figura 8 – Ensaio de compressão diametral .....	54
Figura 9 - Método do cachimbo.....	55
Figura 10 – Ensaio de absorção total do concreto .....	55
Figura 11 - Chapisco rolado .....	56
Figura 12 - Argamassa industrializada .....	59
Figura 13 - Ensaio de absorção capilar da argamassa .....	60
Figura 14 - Ensaio de densidade de massa no estado endurecido da argamassa ...	61
Figura 15 - Ensaio de densidade de massa no estado fresco da argamassa .....	61
Figura 16 - Índice de consistência (a) Chapisco convencional, (b) Chapisco rolado.	62
Figura 17 - Ensaio de massa específica do chapisco rolado.....	63
Figura 18 - Ensaio de retenção de água da argamassa.....	64
Figura 19 - Índice de consistência dos chapiscos .....	65
Figura 20 - Massa específica dos chapiscos.....	66
Figura 21 - Resistência à tração na flexão dos chapiscos .....	66
Figura 22 - Resistência à compressão dos chapiscos .....	67
Figura 23 - Absorção capilar da argamassa.....	69
Figura 24 - (a) Sem tratamento, (b) Chapisco rolado, (c) Chapisco convencional ....	71
Figura 25 - (a) Paredes sem revestimento, (b) Paredes com revestimento .....	72
Figura 26 - Cortes no revestimento .....	73
Figura 27 - (a) Fixação das pastilhas, (b) Dinamômetro de tração.....	74
Figura 28 - Absorção por capilaridade do concreto.....	76
Figura 29 - Distribuição de água na absorção do concreto A.....	76
Figura 30 - Distribuição de água na absorção do concreto B.....	77
Figura 31 - Absorção superficial dos substratos.....	78
Figura 32 - Absorção total do concreto .....	79

Figura 33 - Resistência à compressão do concreto .....	81
Figura 34 - (a) Corte dos testemunhos, (b) Fixação das pastilhas .....	82
Figura 35 - Porcentagem de perda de testemunhos .....	83
Figura 36 – Paredes sem tratamento superficial (a) 1, (b) 4 .....	85
Figura 37 - Resistência de aderência dos revestimentos sem tratamento superficial .....	86
Figura 38 – Testemunhos (a) Parede 1, (b) Parede 4.....	87
Figura 39 - Paredes com chapisco convencional (a) 3, (b) 6 .....	88
Figura 40 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco convencional .....	89
Figura 41 - Testemunhos (a) Parede 3, (b) Parede 6.....	90
Figura 42 - Paredes com chapisco rolado (a) 2, (b) 5 .....	90
Figura 43 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco rolado .....	91
Figura 44 - Testemunhos (a) Parede 2, (b) Parede 5.....	93
Figura 45 - Resistência de aderência dos sistemas de revestimento propostos .....	94

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparativo entre os principais sistemas construtivos .....	18
Quadro 2 - Características dos revestimentos .....	46
Quadro 3 - Métodos de ensaio .....	46
Quadro 4 - Caracterização do agregado miúdo .....	48
Quadro 5 - Caracterização do cimento.....	50
Quadro 6 - Classe de consistência dos concretos .....	52
Quadro 7 - Propriedades do desmoldante .....	53
Quadro 8 - Tratamentos superficiais .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Determinação granulométrica do agregado miúdo.....	49
Tabela 2 - Caracterização do agregado miúdo .....	50
Tabela 3 - Caracterização do cimento.....	51
Tabela 4 - Caracterização do concreto .....	51
Tabela 5 - Abatimento do concreto .....	52
Tabela 6 - Dosagem do chapisco convencional .....	57
Tabela 7 - Dosagem do chapisco rolado .....	57
Tabela 8 - Caracterização do chapisco .....	57
Tabela 9 - Desempenho do chapisco rolado em ensaios do fornecedor.....	58
Tabela 10 - Caracterização da argamassa.....	58
Tabela 11 - Dosagem da argamassa .....	59
Tabela 12 - Índice de consistência dos chapiscos .....	65
Tabela 13 - Massa específica dos chapiscos.....	65
Tabela 14 - Resistência à tração na flexão dos chapiscos.....	66
Tabela 15 - Resistência à compressão dos chapiscos.....	67
Tabela 16 - Caracterização da argamassa.....	68
Tabela 17 – Caracterização do revestimento .....	73
Tabela 18 - Absorção por capilaridade do concreto .....	75
Tabela 19 - Absorção superficial dos substratos.....	78
Tabela 20 - Absorção total do concreto.....	79
Tabela 21 - Resistência à compressão do concreto A .....	80
Tabela 22 - Resistência à compressão do concreto B .....	80
Tabela 23 - Resistência de aderência dos revestimentos sem tratamento superficial .....	86
Tabela 24 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco convencional .....	88
Tabela 25 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco rolado .....	91
Tabela 26 - Análise de variância para a resistência de aderência à tração .....	93

## LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

a/c	Relação água e cimento
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CP	Corpo de prova
g	grama
h	hora
m	metro
mm	milímetro
ml	mililitro
m <sup>3</sup>	metro cúbico
cm <sup>3</sup>	centímetro cúbico
cm <sup>2</sup>	centímetro quadrado
min	minuto
MPa	megapascal
µm	micrometro
kg	quilograma
N	newton
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NM	Norma Mercosul
s	segundo

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	15
1.2 OBJETIVO PRINCIPAL.....	15
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
1.4 HIPÓTESE .....	16
1.5 DELIMITAÇÕES.....	16
1.6 DELINEAMENTO .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>18</b>
2.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO .....	18
<b>2.1.1 Formas</b> .....	<b>20</b>
2.1.1.1 Desmoldante .....	21
<b>2.1.2 Concreto</b> .....	<b>22</b>
2.1.2.1 Propriedades do concreto .....	23
2.1.2.1.1 <i>Consistência</i> .....	23
2.1.2.1.2 <i>Permeabilidade</i> .....	24
2.1.2.1.3 <i>Resistência</i> .....	25
2.1.2.1.4 <i>Textura superficial</i> .....	26
2.1.2.1.5 <i>Trabalhabilidade</i> .....	27
2.2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO .....	27
<b>2.2.1 Propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco</b> .....	<b>28</b>
2.2.1.1 Adesão inicial .....	28
2.2.1.2 Coesão e Tixotropia .....	29
2.2.1.3 Consistência e plasticidade .....	30
2.2.1.4 Massa específica.....	31
2.2.1.5 Retenção de água .....	31
2.2.1.6 Trabalhabilidade .....	32
<b>2.2.2 Propriedades das argamassas de revestimento no estado endurecido</b> ...	<b>33</b>

2.2.2.1 Aderência .....	33
2.2.2.2 Permeabilidade .....	34
2.2.2.3 Resistência mecânica.....	35
2.2.2.4 Retração.....	36
2.3 INTERFACE CONCRETO ARGAMASSA .....	36
<b>2.3.1 Mecanismos de aderência .....</b>	<b>37</b>
<b>2.3.2 Caracterização da aderência .....</b>	<b>39</b>
2.3.2.1 Extensão da aderência.....	41
<b>2.3.3 Substrato de concreto .....</b>	<b>41</b>
2.3.3.1 Chapisco .....	42
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>44</b>
3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	45
3.2 MATERIAIS UTILIZADOS .....	48
<b>3.2.1 Agregado miúdo .....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.2 Cimento .....</b>	<b>50</b>
3.3 MÉTODOS DE ENSAIO.....	51
<b>3.3.1 Substrato.....</b>	<b>51</b>
3.3.1.1 Absorção capilar.....	53
3.3.1.2 Absorção superficial do substrato .....	54
3.3.1.3 Absorção total .....	55
3.3.1.4 Resistência à compressão .....	56
<b>3.3.2 Argamassas .....</b>	<b>56</b>
3.3.2.1 Absorção capilar.....	60
3.3.2.2 Densidade de massa no estado endurecido .....	60
3.3.2.3 Densidade de massa no estado fresco .....	61
3.3.2.4 Índice de consistência .....	62
3.3.2.5 Massa específica.....	62
3.3.2.6 Resistência à tração na flexão e à compressão .....	63

3.3.2.7 Retenção de água .....	63
3.3.2.8 Caracterização dos chapiscos.....	64
3.3.2.9 Caracterização da argamassa de revestimento .....	68
<b>3.3.3 Sistemas de revestimento .....</b>	<b>70</b>
3.3.3.1 Resistência de aderência à tração .....	73
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>75</b>
4.1 SUBSTRATO .....	75
4.1.1 Absorção capilar .....	75
4.1.2 Absorção superficial do substrato .....	77
4.1.3 Absorção total .....	79
4.1.4 Resistência à compressão .....	80
4.2 REVESTIMENTO .....	82
4.2.1 Paredes sem tratamento na superfície (sem chapisco).....	85
4.2.2 Paredes com chapisco convencional.....	87
4.2.3 Paredes com chapisco rolado.....	90
4.2.4 Comparação entre os sistemas de revestimento .....	94
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>96</b>
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	98
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>99</b>
<b>APÊNDICE A – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS CHAPISCOS .....</b>	<b>105</b>
<b>APÊNDICE B – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE C – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO .....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE D – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO .....</b>	<b>111</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O déficit habitacional é um desafio crônico enfrentado pelos administradores públicos e tem como uma de suas grandes causas o permanente crescimento populacional. Estima-se que o déficit para uma condição decente de vida e acesso ao direito humano de habitação esteja na marca de 7,7 milhões de residências no país (WANDERLEY; BARROS, 2019).

Aliado a isso, há expectativa de crescimento de mercado pelas empresas do ramo da construção civil para o ano de 2020, devido à queda recorde da taxa de juros Selic e as novas ofertas de crédito habitacional. Os sinais já são visíveis no estado de São Paulo, onde os lançamentos de empreendimentos já superaram as perspectivas para o ano de 2019. Já no Rio Grande do Sul, espera-se uma retomada consistente do mercado para o ano de 2020 (DORNELLES, 2019).

Sandoval (2020), apresenta que em 2020 a venda de imóveis cresceu substancialmente no mês de julho, atingindo melhor resultado desde o ano de 2014. Grande parte desta retomada deve-se as habitações de baixo padrão. Estes empreendimentos quando comparados aos imóveis de médio e alto padrão, além de terem sofrido uma queda menos expressiva durante a pandemia, também apresentam uma melhor recuperação no número de lançamentos e vendas. Os imóveis do programa Minha Casa Minha Vida representam 83,8% dos lançamentos e 75,9% das vendas dos últimos doze meses.

Deste modo, o sistema parede de concreto moldado *in loco* acaba sendo uma boa solução para o setor da construção civil pela sua capacidade em atender a demanda com qualidade, agilidade e custo adequado (MONGE; MAYOR; SILVA, 2018). Quanto ao método construtivo paredes de concreto, Misurelli e Massuda (2009) explicam que as partes constituintes do sistema são basicamente concreto, forma e aço. Os concretos mais recomendados para uso no sistema são os que apresentam a alta fluidez como característica e a armação resume-se a telas soldadas e em alguns pontos barras retas para reforço estrutural.

Em relação ao material das formas, existe a possibilidade do uso de madeira, plástico e metal. Dentre outras questões, o que deve ser levado em conta para a escolha é a produtividade, durabilidade e número de reutilizações. Outro ponto a se destacar é que as paredes apresentam de forma geral após a desforma textura regular, contendo apenas marcas das junções das placas e furos de ancoragem

(MISURELLI; MASSUDA, 2009). Entretanto, segundo Macedo *et al.* (2018) uma das falhas construtivas que pode ser originada por erro de montagem das formas do sistema é o desaprumo ou desvio de esquadro das paredes da estrutura. A partir disso, uma possível correção para o dano estético causado é o enchimento das paredes.

Por outro lado, Ioppi (1995) evidencia que, entre outros aspectos, a aderência de um possível revestimento argamassado utilizado para o enchimento está diretamente relacionada a rugosidade da superfície do substrato. Ainda, Ruduit (2009) explica que a aderência de um revestimento é influenciada por fatores físicos, mecânicos e pelas características dos materiais que constituem a argamassa e o substrato. Ademais, o método de execução, as condições climáticas e possíveis tratamentos superficiais aplicados a superfície de contato também interferem na aderência entre.

A resistência da aderência é resultado de comportamento de um sistema, cuja deficiência propicia a ocorrência de manifestações patológicas, provocando desde prejuízos materiais, como também riscos a integridade física de pessoas. Assim, devido a importância desta propriedade, é fundamental conhecer os mecanismos e as variáveis envolvidas (RECENA, 2012). Diante disso, se faz necessária uma análise da resistência de aderência à tração de revestimento argamassado aplicado sobre substrato obtido através do sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*, com uso de formas metálicas.

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

Um revestimento argamassado aplicado sobre substrato de concreto executado através do sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*, com o uso de formas metálicas, atinge resistência de aderência à tração satisfatória?

## 1.2 OBJETIVO PRINCIPAL

Analisar a aderência de revestimento de argamassa aplicado em estruturas construídas através do sistema construtivo paredes de concreto moldadas *in loco*.

### 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- avaliar a resistência de aderência à tração de revestimentos argamassados aplicados em paredes de concreto com diferentes idades;
- avaliar a influência do emprego de tratamentos superficiais na resistência de aderência à tração;
- indicar o método adequado de aplicação de revestimentos de argamassa em superfícies de concreto, buscando corrigir as diferenças de prumo no sistema construtivo paredes de concreto.

### 1.4 HIPÓTESE

A resistência de aderência à tração de revestimento argamassado aplicado sobre substrato obtido pelo método de paredes de concreto moldadas *in loco*, executado com formas metálicas, deve ser insatisfatória na ausência de algum tratamento superficial.

### 1.5 DELIMITAÇÕES

O concreto utilizado no modelo das paredes de concreto foi superfluido usinado, com abatimento superior a 220 mm e resistência à compressão aos 28 dias de 25 MPa. Além disto, os protótipos de substrato foram produzidos por meio de formas de alumínio. No revestimento, foi aplicada argamassa industrializada ensacada. Quanto aos tratamentos superficiais na base foram utilizados chapisco rolado e chapisco convencional no traço em volume 1:3.

### 1.6 DELINEAMENTO

O presente trabalho foi estruturado a partir de cinco etapas. A primeira reserva-se a fundamentação da importância do trabalho realizado além da apresentação dos problemas pertinentes a pesquisa. Assim, esta etapa é composta por introdução, questão de pesquisa, objetivos, hipóteses, delimitações e limitações.

A segunda etapa abrange a revisão bibliográfica, onde buscou-se embasamento significativo ao trabalho, por meio de fontes confiáveis de diferentes livros, artigos, monografias, dissertações e teses. Na terceira etapa é exposta a

descrição dos materiais e produtos utilizados, bem como os procedimentos e normas seguidos no desenvolvimento da pesquisa. Já a quarta parte apresenta as análises e discussões dos resultados encontrados a partir do programa experimental proposto. Finalmente, o último tópico foi reservado para as considerações finais expondo as conclusões obtidas com a pesquisa.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta sessão, serão apresentados as características e os processos do sistema construtivo paredes de concreto. Também, serão abordadas as propriedades do concreto e da argamassa que interferem na aderência de um revestimento. Por fim, serão expostas as características da interface entre concreto e argamassa.

### 2.1 PAREDES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

Segundo Sacht (2008), o primeiro registro de uso do sistema construtivo paredes de concreto no Brasil é de 1979. Nesta ocasião, o sistema foi empregado na construção de 46 unidades habitacionais na cidade de Santa Luzia em Minas Gerais. Nas décadas seguintes o sistema continuou em uso, mas em pequena escala.

Foi a partir dos anos 2000, com a demanda por habitações impulsionada pelos programas governamentais, que o sistema se tornou uma opção atrativa para as construtoras, muito pela sua velocidade de execução. Por outro lado, como não havia referencial normativo, as empresas adotavam procedimentos próprios que necessitavam de aprovação de órgão certificador (CORSINI, 2011).

Em 2012 entrou em vigor a NBR 16055, normatizando o sistema paredes de concreto moldadas no local para a construção de edificações, apresentando tanto procedimentos executivos quanto de dimensionamento (CORSINI, 2011). Diante disso, por definição da NBR 16055 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012), parede de concreto é um elemento estrutural autoportante, moldada *in loco* e com comprimento maior que dez vezes sua espessura.

Em termos gerais, os elementos estruturais presentes nos métodos construtivos tradicionais como lajes, vigas e pilares acabam sendo substituídos por um único elemento de concreto. Ainda, pode-se dizer que o concreto, as formas e o aço são os principais componentes do sistema (CORSINI, 2011). A partir disso, o Quadro 1 apresenta um comparativo entre os sistemas construtivos paredes de concreto, concreto armado e alvenaria estrutural.

Quadro 1 - Comparativo entre os principais sistemas construtivos

(continua)

Comparativo	Paredes de concreto moldadas in loco	Estrutura convencional (coluna-viga-laje)	Alvenaria Estrutural
-------------	--------------------------------------	---	----------------------

(conclusão)

<b>Características</b>	Estrutura única de concreto.	Formada por pilares, vigas e lajes de concreto. Os vãos são preenchidos com blocos de vedação.	Estrutura em blocos de concreto ou cerâmicos mais resistentes, adequados para alvenaria estrutural.
<b>Distribuição de peso</b>	O peso se distribui por toda a estrutura de concreto autoportante até a interface com as fundações.	O peso da construção é distribuído nos pilares, vigas e lajes para as fundações.	As paredes são autoportantes.
<b>Armação</b>	Concretada em tela soldada.	Não há armação nas áreas de vedação, somente nas colunas, vigas e pilares.	Geralmente não há armação, embora haja alvenaria estrutural armada.
<b>Revestimento</b>	Normalmente não recebe revestimento.	Revestimento, base com chapisco.	Revestimento, base com chapisco.
<b>Instalações elétricas / hidráulicas</b>	Quando embutidas, são instaladas antes da concretagem.	Depois da construção das paredes, em geral é preciso "rasgá-las" para embutir as instalações.	Instalações embutidas dentro dos blocos, que são cortados nos pontos de saída.

Fonte: Adaptado de Corsini (2011).

Dentre as vantagens do uso do sistema paredes de concreto, pode-se citar a agilidade de execução, industrialização e racionalização dos recursos. Outro ponto a se destacar é o excelente acabamento concedido as paredes pelas formas, não se fazendo necessário o emprego de revestimento de argamassa. Esta qualidade do acabamento propicia a aplicação de pintura ou textura diretamente sobre a estrutura desformada (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2020).

Também, como as paredes são concretadas em uma única etapa, é possível que após a desforma elas já contenham em seu interior tubulações, elementos de fixação e componentes de aberturas. Ademais, o sistema não requer mão de obra especializada, uma vez que após treinamento específico os trabalhadores já passam a operar como montadores, executando todas as atividades necessárias (MISSURELI; MASSUDA, 2009).

Por outro lado, como ponto negativo está o elevado custo das formas, fazendo-se fundamental para a viabilidade econômica do sistema uma alta reutilização das peças. Ainda, como desvantagens estão a necessidade de uso de

equipamentos de grande porte para movimentação dos componentes e a limitação de modificações das paredes devido à sua função estrutural (SACHT, 2008).

### 2.1.1 Formas

Além de moldar o concreto, ser estanque e resistir à pressão de lançamento de concreto, é exigido que as formas utilizadas no sistema conservem com precisão a geometria das peças. Diante disso, as formas mais utilizadas são: de metal (quadros e chapas em alumínio ou aço), mistas de metal e madeira (quadros de alumínio ou aço e chapas de madeira compensada) e de plástico (quadros e chapas de plástico reciclável) (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2020).

Graziano (2011 *apud* CORSINI, 2011) reforça que o custo das formas é fator condicionante para viabilidade de um empreendimento. Ainda, cita que a aquisição de formas metálicas representa um maior custo quando comparado com as alternativas, especialmente por se tratar de um material mais nobre. Entretanto, a possibilidade de um número maior de reutilizações possibilita a absorção desta diferença de custo.

Ainda, em edifícios de múltiplos pavimentos pode-se fazer o uso de formas trepantes. Neste sistema, os painéis com dimensões maiores e já com parte da estrutura de segurança são içados de uma só vez, diminuindo o tempo de montagem. Neste procedimento há um aumento expressivo de produtividade. Entretanto, se faz necessário o emprego de grua para o transporte vertical das estruturas (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2020).

Para garantir qualidade e agilidade de execução, Missureli e Massuda (2009) indicam que é inerente ao sistema paredes de concreto projetos que detalhem o posicionamento dos painéis, a sequência de montagem e desmontagem das peças e dos equipamentos auxiliares necessários. A partir disto, os autores descrevem as seguintes atividades normalmente executadas em um ciclo concretagem:

- a) nivelamento da laje de piso;
- b) marcação das linhas das paredes na laje;
- c) montagem das armaduras;
- d) montagem das instalações elétricas e hidráulicas;
- e) posicionamento das formas;
- f) montagem dos painéis das formas;
- g) colocação dos caixilhos das portas e janelas;
- h) colocação de grapas de fixação entre os painéis;

- i) posicionamento das escoras de prumo;
- j) colocação de ancoragem;
- h) fechamento das formas;
- l) concretagem.

Dependendo da complexibilidade e número de operários disponíveis é possível trabalhar em um ciclo de concretagem de 24 horas. Isto é, realizar toda a montagem das formas, ferragem, instalações e executar a concretagem em um mesmo dia. No dia seguinte, com o concreto atingindo resistência suficiente, já é possível realizar a desforma nas primeiras horas de trabalho e iniciar um novo ciclo (SACHT, 2008).

Ainda referente ao processo de montagem, Weimer, Thomas e Dresch (2018) destacam a necessidade de um controle criterioso nas junções e no travamento de formas, uma vez que, se houver deslocamento das placas, a geometria das estruturas pode ser alterada. Aliado a isso, Macedo *et al.* (2018) analisaram as principais manifestações patológicas encontradas em um empreendimento residencial executado através do sistema paredes de concreto moldadas in loco. É mencionada, dentre outras manifestações, a presença de paredes fora de prumo e esquadro. Este problema chegou a atingir 25% das paredes nas primeiras concretagens. Como solução para o problema estético causado pelo desaprumo das paredes os autores sugerem o enchimento ou a escarificação das paredes.

Por fim, para maior vida útil das formas, é necessário um correto armazenamento, normalmente estipulado pelo fornecedor. Além disso, na manutenção das formas é indicado a utilização de jatos fortes de água para limpeza e aplicação de correto desmoldante para que não haja aderência do concreto na superfície evitando o acúmulo de resíduos (MISURELLI; MASSUDA, 2009).

#### 2.1.1.1 Desmoldante

Os desmoldantes são produtos que quando aplicados sobre as formas, por meio de uma camada fina oleosa, auxiliam na desforma das estruturas, uma vez que impedem a aderência do concreto. Ainda, os desmoldantes são divididos entre óleos de base mineral, vegetal ou animal e emulsionados com água, sendo o primeiro mais indicado para uso em formas de metal (ABBATE, 2003).

Abbate (2003) cita que dentre os problemas ocasionados pelo uso incorreto dos desmoldantes está a aplicação do produto em excesso. Isso faz com que o óleo

penetre nos poros do concreto podendo comprometer a aderência do substrato a revestimentos aplicados. Assim, para remoção do desmoldante pode-se optar por meios mecânicos ou químicos. O primeiro diz respeito ao emprego de jato de água de alta pressão ou de areia e o segundo ao uso de produtos químicos como o detergente.

No mesmo sentido, Carasek, Cascudo e Jucá (2005) afirmam que umas das principais causas de deslocamento de revestimento argamassado aplicado sobre estrutura de concreto é a baixa aderência provocada pela presença de desmoldante. Isso se dá pela falta de limpeza da superfície, pela escolha errada do tipo de óleo empregado e pela baixa diluição do produto. O deslocamento ocorre, pois o resíduo de desmoldante presente na superfície tem ação hidrofugante, impedindo a penetração da pasta da argamassa nos poros e cavidades do substrato.

Por outro lado, Assali (2012) indica que existem poucos estudos aprofundados sobre a influência do uso de desmoldantes na aderência de revestimentos. Normalmente, são os próprios fabricantes do material que indicam um prévio processo de limpeza das superfícies para aplicação de algum tipo de revestimento.

### **2.1.2 Concreto**

No sistema paredes de concreto, Lima e Costa (2018) defendem a opção pelo uso de concreto com alta fluidez, uma vez que isto gera diminuição da equipe de concretagem, pois não se faz necessária mão de obra para realizar a vibração no lançamento. Aliado a isso, Neville (1997) indica o uso de concreto com maior fluidez em estruturas com alta densidade de armaduras ou em formas de difícil acesso.

Um dos métodos para aumento de fluidez dos concretos é o uso de aditivos superplastificantes. Estes aditivos possibilitam o aumento da trabalhabilidade do concreto, mantendo fixa a relação água/cimento. Com sua incorporação a mistura, é possível obter abatimento de concreto maior que 20 cm, mantendo a mistura coesa. Além disso, como não há alteração da tensão superficial, a incorporação de ar se mantém inalterada (NEVILLE, 1997).

De modo geral, os aditivos superplastificantes influenciam de forma positiva nas propriedades do concreto. Porém, a trabalhabilidade resultante do concreto depende das características do aditivo e da quantidade utilizada. Por isso, é determinante que se faça uma análise na escolha do aditivo, para que haja compatibilidade com os aglomerantes da mistura (CASTRO, 2007).

### 2.1.2.1 Propriedades do concreto

Ter conhecimento sobre as propriedades do concreto é essencial uma vez que são elas que determinam as características de uma estrutura deste material. Em seu estado fresco normalmente são analisadas as características que proporcionam uma mistura de fácil transporte, lançamento e adensamento, sem segregação e com o menor índice de vazios possível. Já no estado endurecido pode-se citar as propriedades permeabilidade, resistência e textura superficial (BAUER, 2000).

#### 2.1.2.1.1 Consistência

Consistência é um dos fatores que alteram a trabalhabilidade. Esta característica pode ser definida em termos de compacidade e de mobilidade. Compacidade é a propriedade que expressa a quantidade de trabalho necessário para uma completa compactação. Já a mobilidade é uma característica inversa à resistência interna à deformação. Ainda, sabe-se que a consistência de uma mistura está diretamente ligada aos processos de segregação e exsudação (BAUER, 2000).

Para Bauer (2000), os fatores que influenciam a consistência são teor de água, granulometria do agregado, formato do grão do agregado, aditivos, tempo e temperatura. Quanto ao agregado, sabe-se que uma granulometria mais uniforme e forma de grãos mais arredondadas resultam em uma melhor consistência. Da mesma forma que o uso de aditivos plastificantes resultam em melhores resultados desta propriedade. Por fim, presume-se que a consistência dos concretos varia com o tempo e com a temperatura em que são expostos no seu lançamento.

A segregação é por definição a separação dos elementos constituintes de uma mistura homogênea, impossibilitando seu correto adensamento. No concreto as causas primárias de segregação são as diferentes massas específicas e os tamanhos dos elementos que o compõe. Além disso, pode ser causada por um alto teor de água na mistura ou excesso de vibração no lançamento. Ademais, existem dois tipos de segregação. Um refere-se à separação das partículas maiores causada pela sua sedimentação e outro relaciona-se a o elevado teor de água, ocasionando a separação da pasta dos demais elementos (NEVILLE, 1997).

A exsudação é uma forma de segregação, onde a água da mistura tende a subir para a superfície de um concreto recém lançado. Uma de suas principais causas pode ser a baixa capacidade de retenção de água dos elementos constituintes.

Admite-se que este fenômeno pode ser atenuado com um aumento do teor de finos, com a incorporação de ar e, de forma geral, com o emprego de aditivos superplastificantes (NEVILLE, 1997).

#### 2.1.2.1.2 Permeabilidade

O concreto é um material poroso devido aos vazios de origens diversas. Esta propriedade exerce influência sobre a durabilidade da estrutura, uma vez que concretos mais permeáveis estão mais suscetíveis a serem afetados pela ação de agentes agressivos. De todo modo, sabe-se que quanto maior a resistência à compressão do concreto, menor a relação água/cimento da mistura, maior o índice de finos e menor a permeabilidade (BAUER, 2000).

Ao encontro, Cappelari *et al.* (2020) citam que a permeabilidade de uma estrutura de concreto é um parâmetro importante na adesão de um revestimento argamassado. Em termos gerais, a permeabilidade indica a facilidade com que um fluido consegue permear em um corpo. Entretanto, sabe-se que a permeabilidade e a resistência do concreto são propriedades inversas. Isso ocorre, pois concretos mais resistentes possuem menos vazios capilares, dificultando a aderência e conseqüentemente o travamento mecânico de um revestimento.

Os vazios capilares são espaços não preenchidos pelos produtos da hidratação do cimento. Desta forma, compreende-se que a hidratação do cimento é um processo onde os espaços antes ocupados por cimento e água acabam preenchidos pelos produtos da hidratação. Além disso, a massa específica dos produtos de hidratação é menor que a massa do cimento e estima-se que 1 cm<sup>3</sup> de cimento anidro necessita de 2 cm<sup>3</sup> para acomodação de seus produtos (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Em estudo realizado por Mehta e Monteiro (2008) foi identificado que a permeabilidade de uma pasta totalmente hidratada é 10<sup>6</sup> vezes menor do que uma pasta jovem. Desta forma, é possível afirmar que a permeabilidade diminui com o decréscimo da relação água/cimento e com o aumento do grau de hidratação de um concreto. Isso ocorre, pois há uma redução na quantidade de grandes poros.

Para Neville (1997), a permeabilidade não está relacionada somente com a porosidade do concreto, mas também com as características físicas dos poros presentes nos elementos. Com isso, o autor salienta que os poros que contribuem para a permeabilidade são contínuos e possuem diâmetro maior a 120nm.

### 2.1.2.1.3 Resistência

Para Neville (1997), a resistência dos concretos é considerada umas das mais importantes propriedades, sendo especificada em todos os projetos estruturais. De qualquer modo, ela expressa a qualidade geral do concreto, pois está relacionada com a estrutura da pasta. Na maior parte dos casos, a resistência normalmente utilizada é à compressão, embora haja situações específicas onde a determinação da resistência à tração também se faz importante.

As interações provocadas pelas forças de atração de Van Der Waals são as principais responsáveis pela resistência de concretos. São estas forças físicas junto as características dos materiais da mistura que determinam o grau da ação adesiva. Como resultado, além da união das partículas de cimento ocorre uma solidificação entre os componentes do concreto (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

Ademais, Neville (1997) cita que geralmente adota-se como padrão a resistência aos 28 dias de idade, mesmo não tendo significado científico para isso. Além disso, admite-se que esta propriedade possui dependência significativa da relação água/cimento da mistura, do teor de vazios e que varia com a idade e com as condições de cura do concreto. Quanto maior o teor água/cimento e a porosidade, menores serão os valores para a resistência.

Cappelari *et al* (2020) identificaram a influência da resistência do concreto na absorção e na molhabilidade de substratos deste material. Os autores concluíram que concreto mais resistentes à compressão apresentam baixa porosidade capilar, diminuindo a absorção. Da mesma forma, quanto maior a resistência do concreto menor será a extensão de contato entre a base e o revestimento, causando deficiência no intertravamento mecânico do sistema de revestimento. Ao encontro, Stolz (2011) argumenta que quanto maior a resistência, menor será a incidência de porosidade capilar, dificultando o travamento de um revestimento de argamassa. Isso ocorre, pois há uma diminuição da absorção capilar pelo substrato.

Por fim, sabe-se que existe relação entre o tempo de cura e a resistência dos concretos, em condições normais de umidade e temperatura. Fixada uma relação água/cimento, quanto maior o tempo de cura maior será a resistência do concreto aferida se a hidratação do cimento ainda estiver em andamento. Desta forma, para que haja ganho de resistência ao passar do tempo é necessário que exista umidade no interior da estrutura. Ao contrário, a cura do concreto passa a ser pelo ar, não gerando ganho de resistência (MEHTA; MONTEIRO, 2008).

#### 2.1.2.1.4 *Textura superficial*

Para Bauer (2000) a aplicação de revestimento e pintura em substrato de concreto é afetada pela adesão da superfície. Essa propriedade está ligada ao acabamento superficial deixado pelo método construtivo. Ainda, revestimentos ligam-se mais facilmente a elementos de concreto obtidos por meio de formas de madeira bruta do que por formas metálicas, pois a última proporciona um acabamento menos rugoso.

Para Ioppi (1995) a textura superficial dos substratos possui influência importante sobre a resistência de adesão dos revestimentos. A adesão será menor para superfícies mais lisas e maior com o aumento de sua rugosidade. A partir disso, este parâmetro pode ser modificado com o tratamento da base.

Carasek (2010) defende que a rugosidade da superfície de um substrato interfere na aderência de um revestimento, pois são nas reentrâncias e poros da superfície que argamassa irá se fixar inicialmente após lançamento. A partir desta fixação, passa a ocorrer a penetração da pasta da argamassa na base que resultará na ancoragem do revestimento.

Ao encontro, Gonçalves (2004) cita que uma das variáveis para um maior grau de extensão de aderência de um revestimento é a da textura superficial do substrato. Essa extensão é a razão entre a área contato efetiva e a área total passível de união entre os elementos do revestimento. Uma maior extensão de contato de um revestimento resulta em um processo de aderência mais efetivo e duradouro.

Entretanto Stolz (2011), ao analisar a influência da área de contato entre substrato e revestimento sobre a resistência de aderência a tração, identificou que nem sempre uma maior área resulta em maiores valores de aderência. Isso ocorre, pois é necessário que a argamassa tenha reologia que proporcione uma maior extensão de contato. Em outras palavras, a argamassa deve possuir a capacidade de molhar toda a superfície, aumentando efetivamente a área de contato.

Da mesma forma, Pretto (2007) defende que uma maior extensão de contato depende tanto das características da argamassa quanto da base. No substrato devem ser observadas as características de rugosidade e de composição química. Por outro lado, em relação a argamassa deve-se considerar a viscosidade, a tensão superficial e o ângulo de contato que formará com o substrato.

### 2.1.2.1.5 *Trabalhabilidade*

Para Neville (1997) a trabalhabilidade refere-se à facilidade de adensamento, ou seja, quanto mais trabalhável é o concreto mais fácil será seu adensamento. Ademais, o autor descreve que a trabalhabilidade necessária depende de outras variáveis como os meios de adensamento disponíveis e a densidade de armadura presentes na estrutura concretada.

A trabalhabilidade possui grande influência na resistência final do concreto. Isso ocorre, pois com uma maior compactação do concreto, o volume de vazios e a presença de bolhas de ar acabam diminuindo, refletindo em maiores resultados quanto a resistência das estruturas (BAUER, 2000).

Diversos fatores influenciam a trabalhabilidade de um concreto. Uma das variáveis é o tempo. Sabe-se que a trabalhabilidade diminui consideravelmente logo após a mistura com o início da hidratação do cimento e perda de água por evaporação ou absorção (CASTRO, 2007).

Ao encontro, Neville (1997) cita o teor de água na mistura como principal fator que influencia na trabalhabilidade. A partir disso, com a incorporação de ar, a quantidade de água pode ser diminuída sem que haja reflexo negativo na trabalhabilidade. Entretanto, admite-se que fixando o teor de água, a propriedade de trabalhabilidade é determinada pela granulometria, forma e textura dos agregados.

Assim, Bauer (2000) cita que um fator que influencia na trabalhabilidade do concreto é a forma dos grãos dos agregados, se mantidas as outras variáveis da mistura. Sabe-se que grãos cuboides apresentam melhores resultados quando comparados a grãos lamelares ou alongados. Outro detalhe descrito pelo autor, é que quanto o maior teor de finos em uma mistura, maior terá de ser o acréscimo de água para se manter o abatimento.

## 2.2 ARGAMASSAS DE REVESTIMENTO

Segundo definição da norma NBR 13281 (ABNT, 2005) argamassa é uma mistura homogênea de agregados, aglomerantes e água, com ou sem presença de aditivos. Além disso, a norma evidencia os seguintes usos: assentamento, revestimento, reboco, decorativo em camada fina e decorativo em monocamada.

Ainda, a NBR 13281 (ABNT, 2005) indica que a designação do material deve conter suas respectivas classes de resistência à compressão, densidade de massa

aparente no estado endurecido, resistência à tração na flexão, coeficiente de capilaridade, densidade de massa no estado fresco, retenção de água e resistência potencial de aderência à tração.

Quanto a função dos revestimentos argamassados, Ioppi (1995) menciona união, vedação, regularização e proteção. Ademais, o autor cita outras funções importantes como conforto térmico, isolamento acústico, proteção de base, aparência e decoração. Para Cincotto, Silva e Cascudo (1995), além da finalidade de constituir o acabamento estético das edificações, as argamassas devem contribuir para as exigências de segurança e habitabilidade. Quanto à segurança, o revestimento deve apresentar bons resultados quanto a resistência a tração, compressão, impacto e abrasão.

Por fim, Ioppi (1995) argumenta que o revestimento argamassado é constituído pelas camadas de emboço e reboco, podendo contar com um elemento de suporte como o chapisco, caso necessário. Ainda, Fiorito (2009) explica que essas camadas estão intimamente ligadas, sofrendo de forma conjunta as reações causadas por esforços.

## **2.2.1 Propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco**

As propriedades do estado plástico de uma argamassa estão intimamente relacionadas com sua compatibilidade com a base. As propriedades normalmente analisadas são: adesão inicial, coesão, massa específica, consistência, plasticidade, retenção de água e trabalhabilidade. (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

### **2.2.1.1 Adesão inicial**

Cincotto, Silva e Cascudo (1995) mencionam que a adesão inicial está relacionada diretamente ao comportamento da aderência que o conjunto base-revestimento terá. Essa propriedade depende de características da argamassa, como a trabalhabilidade, e do substrato, como porosidade e rugosidade.

Para Recena (2012), a adesão inicial refere-se ao período logo após o lançamento da argamassa no substrato. Nesta etapa, a argamassa se prende a rugosidade e aos poros da superfície por meio do mecanismo de vácuo produzido pelo impacto do lançamento. Logo após a adesão inicial os fluidos da argamassa

começam a ser absorvidos pelo substrato, dando início ao processo de aderência do revestimento.

Na adesão inicial a argamassa sofre retração e fissuração ainda em seu estado fresco. Uma adesão inicial insatisfatória resulta em deslocamento do revestimento. Além disso, as chances de deslocamento são majoradas pelo peso próprio do material, provocando o seu escorrimento. Isso ocorre quando a adesão inicial não suporta as tensões cisalhantes impostas pelo movimento descendente (GONÇALVES, 2004).

Diante disso, um fator importante que deve ser considerado na adesão inicial é a adesão por adsorção. Para que a adsorção ocorra é necessária uma compatibilidade entre os níveis energéticos do substrato e da argamassa. Ou seja, as partículas da argamassa devem apresentar baixo nível energético, molhando uma maior área do substrato. O substrato por sua vez, necessita de alta energia livre em sua superfície (PAES, 2004).

Ainda, para que haja uma melhor molhabilidade, deve-se diminuir a tensão superficial da argamassa. A tensão superficial é a energia necessária para que se tenha aumento na superfície de um material considerando-se as forças superficiais contrárias. Como analogia, pode-se analisar o comportamento de uma gota de água sobre uma superfície. É a interação entre as superfícies que determina a tensão superficial da interface (GONÇALVES, 2004).

Nesta etapa, uma maior molhabilidade resulta em uma extensão de contato mais ampla entre a argamassa e o substrato. Deste modo, maior será a quantidade de poros ativados na interface, aumentando a absorção do substrato e possibilitando um intertravamento satisfatório do revestimento (ANTUNES, 2005).

#### 2.2.1.2 Coesão e Tixotropia

Para Cincotto, Silva e Cascudo (1995), a coesão refere-se as forças físicas de atração entre as moléculas dos materiais presentes na argamassa. Ainda, a consistência e a trabalhabilidade da argamassa são alterados quando adicionado cal, justamente pela modificação da coesão que o material proporciona a mistura. Ao encontro, para Do Ó (2004) a coesão trata da estruturação interna da mistura, relacionando-se com a estabilidade de segregação e com as ligações físicas e eletroquímicas dos sólidos constituintes da argamassa.

Já a Tixotropia é a propriedade pela qual a argamassa sofre transformações isotérmicas reversíveis em sua mudança do estado sólido para o estado de gel. Ainda, a Tixotropia pode ser notada visualmente na fluidificação momentânea da argamassa quando ela está em processo de vibração. Assim, essa propriedade é dependente de uma taxa de deformação aplicada durante o tempo, ocasionando uma diminuição da viscosidade do material (SANTOS, 2003).

### 2.2.1.3 Consistência e plasticidade

Para Carasek (2010), consistência é a capacidade da argamassa se deformar sob efeito de alguma carga. Diante disso, as argamassas podem ser classificadas como secas, plásticas e fluídas. Ademais, Cincotto, Silva e Cascudo (1995) defendem que a consistência é diretamente ligada a quantidade de água presente na mistura e influenciada pelos fatores de relação água/aglomerante, aglomerante/areia, granulometria da areia e qualidade do aglomerante.

Ainda, antes da aplicação da argamassa, a propriedade de consistência refere-se à capacidade da argamassa ser transportada sem entrar em processo de segregação. Após o lançamento, a consistência possui a função de evitar o descolamento da argamassa, resistindo aos esforços de deformação causados pelo seu peso próprio e ação da gravidade (DO Ó, 2004).

Por sua vez, a plasticidade das argamassas está relacionada a capacidade de manter-se deformada, mesmo após a retirada dos esforços de deformação. Além disso, essa propriedade, junto com a consistência, caracterizam a trabalhabilidade. Ademais, a plasticidade é influenciada pelo teor de ar incorporado, teor de aglomerantes e intensidade da mistura do material (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

Pode-se citar a água como o fator determinante para a plasticidade de uma argamassa. Quanto maior a presença de água, maior será a plasticidade. Entretanto, uma quantidade de água elevada aumenta as chances de segregação dos materiais da mistura. Na aderência, a principal influência da plasticidade está na capacidade de molhabilidade da argamassa, auxiliando no aumento da extensão de contato (GASPERIN, 2011).

Ao encontro, Do Ó (2004) cita que a consistência e a plasticidade são propriedades reológicas básicas e que devem ser analisadas em conjunto, pois influenciam simultaneamente a trabalhabilidade da argamassa. Ainda, evidencia que

as argamassas devem possuir boa plasticidade para preencher as reentrâncias da superfície do substrato e boa consistência para se manter na posição em que foi aplicada.

#### 2.2.1.4 Massa específica

Massa específica absoluta refere-se ao volume ocupado por um material sólido, desconsiderando os vazios. Já a massa específica aparente leva em consideração o volume dos vazios impermeáveis. Os vazios basicamente são ar aprisionado ou incorporado e possuem influência direta sobre a resistência de aderência da argamassa (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

Desta forma, a massa específica ou densidade varia com o teor de ar incorporado e com a massa específica dos materiais constituintes da argamassa. Além disso, quanto mais leve for uma argamassa, mais trabalhável ela será, traduzindo isso em um aumento de produtividade (CARASEK, 2010).

No mesmo sentido, Do Ó (2004) cita que os vazios de ar presentes nas argamassas referem-se ao ar aprisionado, incorporado ou resultantes do processo de evaporação de água da argamassa. As bolhas de ar aprisionado são instáveis e possuem formato irregular. Já as bolhas de ar incorporado são estáveis e possuem formato esférico. Para argamassas sem uso de aditivo o teor de ar incorporado geralmente é de 2 a 5 % de seu volume. Por outro lado, argamassa produzidas com aditivos podem resultar em teores de ar significativamente maiores.

#### 2.2.1.5 Retenção de água

Para Recena (2012), a retenção de água é propriedade que permite que a argamassa libere de forma mais lenta a água contida em sua mistura ao meio ambiente. Além disso, o autor alerta que a evaporação da água da argamassa logo após sua aplicação pode instaurar um processo de fissuração devido a retração, visto que o material ainda possui baixa resistência. Ainda, Cincotto, Silva e Cascudo (1995) defendem que esta propriedade tem influência sobre aderência de revestimentos, pois uma maior retenção de água resulta em ganho de resistência de aderência à tração.

Ao encontro, Recena (2012) cita que uma liberação mais lenta de água evita deslocamentos e garante uma homogeneização da união dos elementos de um sistema de revestimento. Da mesma forma, Do Ó (2004) indica que as propriedades

reológicas das argamassas sofrem importante influência de sua capacidade de retenção de água. Deste modo, a retenção de água deve ser suficiente para que após o lançamento no substrato, a argamassa detenha coesão, plasticidade e consistência suficientes para se manter aderida na adesão inicial.

Se a argamassa apresenta uma baixa retenção, o substrato acaba absorvendo apenas água ao invés da pasta com os produtos de hidratação. Desta forma, não serão criadas as estruturas responsáveis pelo intertravamento do revestimento. Do mesmo modo, faltará água para a completa hidratação da argamassa, resultando em uma baixa resistência mecânica do revestimento (RECENA, 2012).

#### 2.2.1.6 Trabalhabilidade

Como definição, Recena (2012) cita a trabalhabilidade como a facilidade em acomodar a argamassa em sua posição final. Ainda, Carasek (2010) indica que esta propriedade é alterada no momento do contato do material com o substrato, uma vez que a absorção da base modifica o teor de água de amassamento da mistura.

Ademais, a trabalhabilidade pode ser associada as propriedades de plasticidade, retenção de água, coesão, adesão e massa específica. Além disso, entende-se que a diminuição da finura do agregado, a continuidade da granulometria e a redução no teor de grãos angulosos possuem interferência positiva nesta propriedade (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

A trabalhabilidade de argamassas destinadas a revestimentos deve ser caracterizada por uma maior plasticidade. Esta maior plasticidade garante a aderência ao substrato, além de permitir um acabamento mais adequado. Além disso, sabe-se que a modificação da trabalhabilidade está diretamente ligada ao volume de água utilizado no traço. Entretanto, o excesso de água pode provocar a perda de coesão, tornando a argamassa inadequada para uso. Desta forma, pode-se afirmar que a trabalhabilidade é resultado da interação entre a consistência e a coesão. (RECENA, 2012).

Para compreender a importância da trabalhabilidade, deve-se pensar a argamassa como um líquido. Após aplicação, a argamassa deve ter a capacidade de molhar toda a superfície. Com um maior espalhamento, há um aumento da área de contato com a base. Nesse contato interfacial são criadas forças intrínsecas de aderência entre os materiais. (GONÇALVES, 2004).

A trabalhabilidade de uma argamassa fresca tem influência sobre a extensão de aderência de um revestimento. Com uma melhor trabalhabilidade o lançamento pode ser realizado com energia mais adequada, aumentando a área de contato pelo melhor espalhamento da argamassa. Falhas de contato entre a argamassa e o substrato geram uma aderência pontual, sendo essa uma das maiores causas da variabilidade da resistência de aderência de um revestimento (GONÇALVES, 2004).

## **2.2.2 Propriedades das argamassas de revestimento no estado endurecido**

As propriedades analisadas no estado endurecido da argamassa estão associadas aos requisitos de segurança, de habitabilidade e da compatibilidade entre os materiais. Assim, pode-se citar as seguintes características: aderência, permeabilidade, resistência mecânica e retração (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

### **2.2.2.1 Aderência**

Para Carasek (2010), a aderência é a propriedade fundamental do estado endurecido das argamassas, sendo uma das poucas a possuir critério de desempenho especificado em norma. Além disso, a autora menciona que esta característica está relacionada com a capacidade do revestimento absorver tensões normais e tangenciais na interface com o substrato.

A propriedade de aderência possui papel importante no desempenho do revestimento. As características da base que influenciam na aderência são: porosidade, absorção de água, resistência mecânica e textura superficial. Ademais, sabe-se que uma granulometria fina do agregado presente na argamassa tem influência positiva na aderência (CINCOTTO; SILVA; CASCUDO, 1995).

Os mecanismos de aderência evoluem em dois processos de ancoragem. A ancoragem da pasta aglomerante ocorre por sua sucção pelos poros do substrato e posterior enrijecimento. Além disso, existe a ancoragem mecânica onde a argamassa se prende as saliências e reentrâncias da superfície a ser revestida (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2002).

Ao encontro, Recena (2012) divide a aderência em duas etapas: macroaderência e microaderência. Enquanto as pressões são equilibradas após o vácuo gerado pelo impacto da argamassa lançada sobre o substrato, entra em ação

o mecanismo de macroaderência. Este mecanismo é proporcionado pelo preenchimento das saliências da superfície deixando a porção de argamassa presa a base. Já a microaderência está relacionada pela absorção da pasta da argamassa. O preenchimento dos poros forma uma espécie de raízes, fixando mecanicamente o revestimento até seu enrijecimento. Sendo assim, a microaderência está condicionada a capacidade de absorção da base e a retenção de água da argamassa.

A resistência mecânica da aderência é resultado da penetração da argamassa nos poros, das ligações superficiais e da própria resistência mecânica da argamassa. Outro fator importante é a extensão da aderência. Essa extensão retrata o grau de contato entre a argamassa e o substrato. Assim, o processo por trás da aderência é extremamente complexo, envolvendo o transporte de sólidos e líquidos entre a argamassa e a base (ANTUNES, 2005).

Em termos gerais, quando a argamassa entra em contato com a base, parte da água de amassamento penetra nos poros do substrato. Com o passar do tempo, no interior dos poros acontece o fenômeno da precipitação dos produtos de hidratação dos aglomerantes e com seu enrijecimento instaura-se um processo de ancoragem pelo intertravamento mecânico do revestimento (CARASEK, 2010).

Desta forma, pode-se afirmar que quanto maior a extensão de contato entre a argamassa e o substrato, maior será a resistência de aderência do revestimento. Além disso, sabe-se que um maior grau de contato depende da trabalhabilidade da argamassa, da energia de impacto e das características do substrato (CARASEK, 2010).

#### 2.2.2.2 Permeabilidade

A permeabilidade das argamassas pode ser explicada pelo seu processo de hidratação. Se a mistura contiver mais água que o necessário para hidratação do aglomerante, ocorrerá o processo de evaporação resultando em vazios capilares, aumentando a permeabilidade do revestimento (JANTSH, 2015).

Diante disso, a permeabilidade de um revestimento argamassado relaciona-se com a função de estanqueidade das edificações. Este parâmetro se torna ainda mais importante quando analisado em argamassas aplicadas em fachadas ou em paredes que não receberão outro tipo de acabamento. Uma argamassa mais permeável, vai possibilitar a entrada de umidade, podendo causar tanto problemas

relacionados a saúde dos usuários, quanto problemas estéticos como o aparecimento de eflorescências e manchas (CARASEK, 2010).

Ao encontro, Jantsh (2015) cita que argamassas de revestimento possuem um papel importante na vedação das edificações, pois é o primeiro obstáculo para agentes de degradação. Desta forma, neste elemento a estanqueidade tem papel fundamental para prevenção de manifestações patológicas como bolores, infiltrações e manchas. Além disso, sabe-se que a porosidade é inversa a resistência da argamassa. Logo, argamassas mais permeáveis tendem a ter menor resistência mecânica.

### 2.2.2.3 Resistência mecânica

Em argamassas utilizadas em revestimento, a resistência mecânica normalmente é deixada em segundo plano, uma vez que o material não exercerá função estrutural. Entretanto, a análise deste atributo é uma importante ferramenta de controle de qualidade e de produção do material (RECENA, 2012).

Para Ioppi (1995), a vida útil dos revestimentos argamassados está diretamente relacionada com a resistência a abrasão superficial, impacto, tração e cisalhamento. Por outro lado, por estar conectada com as demais, a resistência à compressão é a que melhor representa a resistência mecânica das argamassas.

A resistência mecânica de um revestimento argamassado traduz a capacidade da argamassa absorver esforços por meio de sua consolidação interna. Estes esforços normalmente agem em forma de tração, compressão e cisalhamento simultaneamente. Além disso, um dos problemas mais comuns ligados a resistência das argamassas de revestimento é a baixa resistência superficial, ocasionando o efeito de pulverulência (CARASEK, 2010).

A partir disso, a NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece limites mínimos de resistência de aderência à tração para revestimentos argamassados. Assim, revestimentos internos devem possuir resistência de aderência à tração superiores a 0,2 MPa. Da mesma forma que revestimentos externos devem possuir valores maiores que 0,3 MPa nesta propriedade.

Desta forma, Recena (2012) conclui que se uma argamassa destinada a um revestimento externo deve possuir resistência de aderência superior a 0,3 MPa, sua resistência à tração deve ser superior a este valor. Ao contrário, durante o ensaio de determinação da resistência de aderência de um revestimento, a argamassa acabará

rompendo, não sendo possível avaliar o sistema de revestimento. Ainda, o autor afirma que para atendimento a esta condição, sabe-se que as argamassas devem possuir resistência à compressão no mínimo entre 2 e 3 MPa, uma vez que a resistência tração geralmente fica entre 10 e 15 % da sua resistência à compressão.

#### 2.2.2.4 Retração

Segundo Cincotto, Silva e Cascudo (1995), a retração tem grande influência sobre as propriedades de durabilidade e estanqueidade das argamassas. O processo de retração é um mecanismo complexo que está relacionado com a variação do volume de água na mistura. Além da sucção da base, outros fatores que influenciam a retração são: temperatura, incidência solar, umidade relativa e velocidade do vento.

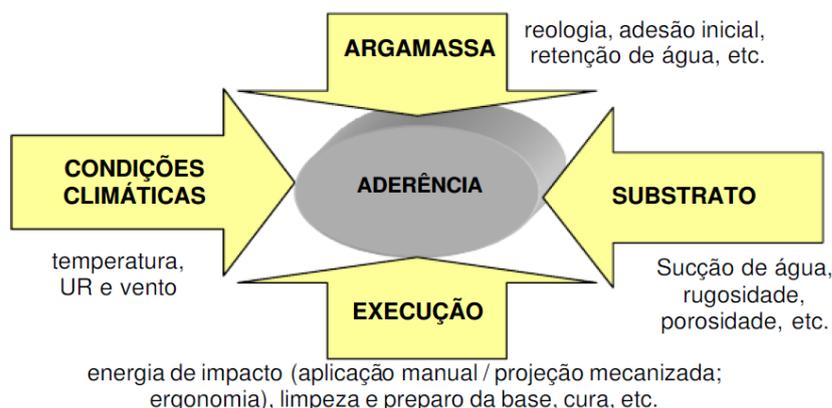
Ademais, Cincotto, Silva e Cascudo (1995) citam que a retração pode ocorrer por meio de processo reversível ou irreversível. O primeiro está relacionado com a capacidade de absorção de água pela base. Já o segundo está se refere ao processo de evaporação da água de amassamento. Sabe-se que quanto maior o índice de vazios e quanto maior o teor de água da argamassa, maiores serão os efeitos da retração.

A principal consequência do processo de retração é a fissuração do revestimento. Os agregados servem como estabilizadores para a variação de volume. Por outro lado, é a pasta da argamassa que está suscetível a retração. Ainda, como os revestimentos de argamassas possuem superfície muito maior que sua espessura, o processo de evaporação é facilitado (RECENA, 2012).

### 2.3 INTERFACE CONCRETO ARGAMASSA

A aderência do revestimento argamassado ao substrato é um processo essencialmente mecânico, devido a penetração da argamassa nos poros e rugosidades da base. Portanto, são vários fatores que exercem influência sobre os resultados de aderência. Dentre os fatores pode-se citar os materiais e propriedades das argamassas, as condições do substrato, os métodos utilizados na execução e fatores climáticos (CARASEK, 2010). Com isso, a Figura 1 ilustra os fatores que influenciam a aderência.

Figura 1 - Fatores que exercem influência na aderência



Fonte: Carasek (2010).

Segundo Silva, Flores-Colen e Gaspar (2012), diversos estudos já foram realizados para determinar a influência de cada fator para a resistência de aderência do revestimento. Assim, a partir dos resultados pode-se considerar que argamassas com maior resistência à compressão apresentam influência positiva sobre a aderência, pois estas características estão indiretamente relacionadas. O mesmo acontece para argamassas menos viscosas e com maior retenção de água. Dentre os fatores externos, uma condição de clima ameno e umidade normal também concede melhores resultados de aderência.

### 2.3.1 Mecanismos de aderência

Para Backlandt (2005), a adesão corresponde a propriedade de dois materiais se manterem unidos. Ao encontro, Bélair (2005) cita que os mecanismos de adesão podem ser classificados em dois grupos: adesão mecânica e adesão específica. Assim, a adesão específica se refere a atração elétrica gerada pelo contato entre dois materiais em fases diferentes, provida pelas forças intermoleculares e interatômicas. Dentre as interações pode-se citar as Forças de Van der Waals e as ligações de pontes de hidrogênio. Já a adesão mecânica atua como um adesivo pela criação de raízes que fixam o revestimento após sua maturação. Com isso, essa adesão é dependente do grau de penetração da argamassa nas reentrâncias e nos poros do substrato.

No mesmo sentido, Silva, Flores-Colen e Gaspar (2012) explicam que o fluido e os finos da argamassa penetram nos poros da base, fazendo uma fixação mecânica por meio da cristalização de produtos de hidratação como a etringita. Por outro lado,

os autores acrescentam que as forças de Van der Waals e as ligações químicas influenciam de maneira muito discreta no resultado da resistência de aderência.

Ainda, Gonçalves (2004) cita que a aderência mecânica é resultado da junção de três propriedades presentes na interface: resistência de aderência à tração, resistência de aderência ao cisalhamento e a extensão da aderência. A resistência de aderência a tração é exigida pelas forças normais geradas pela utilização do sistema. Já a resistência ao cisalhamento se dá pelos esforços verticais e tangenciais proporcionados pela força gravitacional. Por último, a extensão da aderência evidencia pontos de fragilidade de adesão na interface.

Ao encontro Kazmierczak, Brezezinski, Colatto (2007) indicam que resistência de aderência à tração e a extensão de aderência são resultados da ancoragem mecânica do revestimento nos poros e protuberâncias macroscópicas da base. Com isso, a aderência é influenciada pelas propriedades da argamassa, da base e da técnica de aplicação.

Quando a argamassa entra em contato com a base, parte da água de amassamento que contém componentes do aglomerante penetra nos poros do substrato. A precipitação dos produtos da hidratação do cimento e da cal nos poros geram mecanismos de ancoragem. Em nível microestrutural, ao se misturar cimento Portland e água, a gipsita que regula a pega do cimento dissolve-se liberando íons de sulfato e cálcio. Estes íons entram em solução com íons de aluminato e cálcio provenientes da dissolução do C3A do cimento. Por fim, com auxílio da sucção estes elementos são levados a regiões mais internas do substrato, formando o trissulfoaluminato de cálcio hidratado, também chamado de etringita. Com seu enrijecimento, são criadas “raízes” que produzem a aderência por meio do intertravamento mecânico do revestimento (CARASEK, 2010).

Assim, a aderência é determinada pela distribuição dos poros da base devido sua influência sobre a absorção. Poros com diâmetros maiores que 50  $\mu\text{m}$  exercem grande atuação na capacidade de absorção, estando os poros de menor diâmetro associados a outras propriedades como retração e fluência (KAZMIERCZAK; BREZEZINSKI; COLATTO, 2007).

Silva, Flores-Colen e Gaspar (2012), explicam que quando a argamassa entra em contato com a base seus poros são geralmente maiores. Entretanto, como os poros da base ainda não possuem presença de água, inicia-se o processo de absorção de água pelo substrato. Com a retração da argamassa ao longo do tempo,

seus poros acabem diminuindo, gerando um aumento considerável na taxa de absorção de água pela base.

Além disso, Antunes (2005) cita que a sucção é influenciada pela área de contato entre a base e a argamassa. Quanto maior a área, maior será a quantidade de poros ativados para absorção. Assim, outro parâmetro na interface que deve ser analisada é a molhabilidade.

Backelandt (2005), define a molhabilidade como o estudo da dispersão de um líquido sobre um sólido. Ainda, o autor cita o exemplo de uma gota, que ao ser lançada sobre uma superfície pode se espalhar ou se manter unida, dependendo das características do líquido e da base. Ao encontro, Pretto (2007) explica que a molhabilidade depende tanto das características do substrato quanto do revestimento. Em relação ao substrato, os fatores que influenciam são o ângulo de contato com a base, sua tensão superficial e sua viscosidade. Já quanto a base, os fatores são a composição química e a rugosidade.

Ainda, Gonçalves (2004) indica que a diminuição da tensão superficial da argamassa gera um aumento da área de molhagem pelo revestimento. Logo, uma forma de aumentar a adesão é diminuindo a tensão superficial da argamassa com o emprego de materiais como a cal e aditivos tensoativos. Por fim, Pretto (2007) alerta que uma superfície de concreto pode se tornar hidrófuga quando ela estiver impregnada por desmoldantes, uma vez que para este material obter melhor condição de espalhamento seu ângulo de contato é baixo.

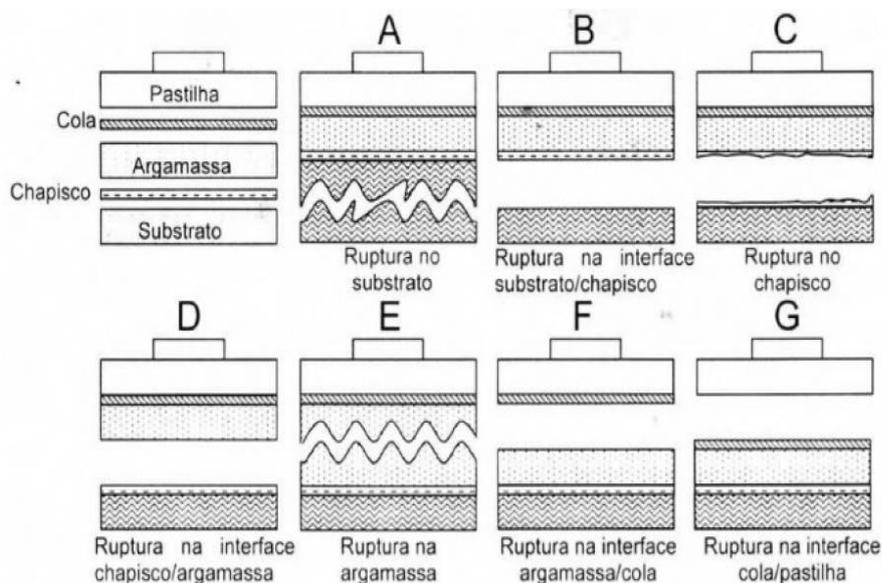
### **2.3.2 Caracterização da aderência**

A NBR 13528 (ABNT, 2010) caracteriza a aderência como a capacidade do revestimento argamassado resistir as tensões localizadas na interface com o substrato. Além disso, a norma indica que esta propriedade não é uma característica da argamassa e sim do sistema que constitui o revestimento em um todo.

Quanto as formas de ruptura, a NBR 13528 (ABNT, 2010) faz uma diferenciação entre revestimentos com e sem chapisco. Para revestimento com chapisco são apresentadas sete formas de ruptura: (a) ruptura no substrato, (b) ruptura na interface substrato e chapisco, (c) ruptura no chapisco, (d) ruptura na interface chapisco e argamassa, (e) ruptura na argamassa, (f) ruptura na interface argamassa e cola e (g) ruptura na cola. Já para os revestimentos sem chapisco, são 5 formas de ruptura: (a) ruptura no substrato, (b) ruptura na interface substrato e

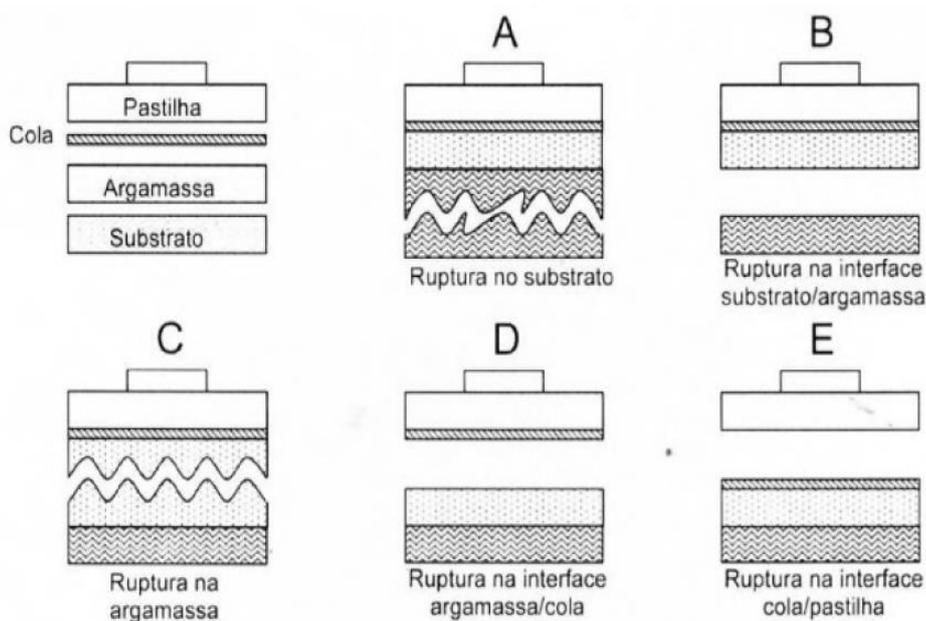
argamassa, (c) ruptura na argamassa, (d) ruptura na interface argamassa e (e) cola e ruptura na cola. A partir disso, as Figuras 2 e 3 ilustram as formas de ruptura para ambas as situações.

Figura 2 - Formas de ruptura em revestimentos com chapisco



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

Figura 3 - Formas de ruptura em revestimentos sem chapisco



Fonte: NBR 13528 (ABNT, 2010).

### 2.3.2.1 Extensão da aderência

Para Gonçalves (2004), outro fator importante para a aderência dos revestimentos é a sua extensão. Essa extensão é a razão entre a área de contato medida e a área total possível de união na interface concreto-argamassa, ou seja, quanto menor o contato entre a argamassa e a base, menor será a extensão da aderência.

Além disso, Gonçalves (2004) cita que além da rugosidade do substrato, outra propriedade que interfere na extensão de aderência é a trabalhabilidade do revestimento. Uma melhor trabalhabilidade possibilita um maior espalhamento da argamassa em seu lançamento, possibilitando o alcance de uma maior área de contato. Ademais, o autor cita que a extensão de aderência é uma das principais causas da variabilidade dos resultados de resistência a tração dos revestimentos, visto as falhas de contato que a interface pode ter.

Uma maior extensão de aderência resultará em um sistema mais resistente, duradouro e de melhor desempenho. Além das características da argamassa e do substrato, outra condição que influencia a extensão é a mão de obra empregada. Para que haja um bom contato entre os materiais é necessária que seja exercida uma pressão no lançamento da argamassa suficiente ao ponto de minimizar falhas na interface (PAES, 2004).

### 2.3.3 Substrato de concreto

Backlandt (2005) caracteriza a rugosidade de uma superfície um fator favorável a uma boa adesão de revestimento, pois saliências e poros contribuem para o aumento da área de contato eficaz e, por consequência, favorecem a ancoragem mecânica. Com isso, é importante que sejam empregados tratamentos superficiais com o objetivo de aumentar a rugosidade e para remover possíveis impurezas contidas na base.

Para Pretto (2007), a simples aplicação de chapisco sobre a base de concreto não garante por si só bons resultados de resistência de arrancamento à tração dos revestimentos. Isso ocorre, pois uma boa aderência entre o revestimento e o chapisco não terá relevância se este não estiver aderido ao substrato. Além disso, a execução de tratamento superficial de maior agressividade na base não só serve como um

mecanismo para aumento de sua rugosidade, como também como outra ferramenta para remoção de possível desmoldante ainda impregnado.

Por outro lado, Backlandt (2005) destaca que a rugosidade pode se tornar um aspecto negativo quando em suas cavidades existir a presença de água e ar. A presença destes elementos pode propiciar pontos de fragilidade devido ao mau contato entre o revestimento e o substrato. Por isso, tratamentos superficiais muito agressivos podem agir negativamente na aderência de revestimentos.

Outra questão importante a ser considerada é a influência da idade do substrato no momento da aplicação do revestimento na aderência. Mehta e Monteiro (2008) citam que o volumes de vazios capilares diminui com o aumento da idade de hidratação, pois o espaço ocupado primeiramente pelo cimento e pela água, passa a ser preenchido pelos produtos de hidratação. Os autores mencionam que 1 cm<sup>3</sup> de cimento utilizado no concreto, necessita de 2cm<sup>3</sup> para acomodar os produtos de hidratação, após processo completo.

#### 2.3.3.1 Chapisco

É importante que estruturas de concreto recebam tratamento superficial antes da aplicação de algum tipo de revestimento argamassado. Dentre as razões, pode-se citar a influência negativa de uma superfície lisa na macroaderência. Do mesmo modo, a baixa absorção do substrato desfavorece a microaderência, uma vez que diminui o transporte dos produtos de hidratação da argamassa para o interior do substrato (MOURA, 2007).

Ao encontro, Santos (2003) destaca que a primeira etapa da aplicação de revestimento deve ser o preparo da base. Este procedimento tem como finalidade proporcionar uma melhor aderência entre diferentes materiais. Ademais, Vaz e Carasek (2019) indicam que estudos realizados sobre aderência de revestimento mostram que a aplicação de tratamento superficial por meio do chapisco resulta em ganhos de até 30% na resistência de aderência quando comparado a sistemas sem tratamento prévio do substrato. Por outro lado, Pretto (2007) cita que cada tipo de substrato ou condição de rugosidade requer a aplicação de um método de chapisco diferente.

Basicamente, existem dois conceitos de chapisco: aberto e fechado. No chapisco aberto o material é aplicado sobre a superfície em uma camada fina, com cobertura parcial, ou seja, há espaços do substrato com e outras sem chapisco. Este

método é utilizado com objetivo de se obter um aumento da rugosidade da base. Já no tipo fechado, o chapisco é aplicado de forma homogênea sobre toda a superfície do substrato. Este por sua vez, além de conceder rugosidade, também proporciona uma regularização da absorção de água pela base (GASPERIN, 2011).

Dentre os tipos de chapisco, pode-se citar o convencional e o rolado. O chapisco convencional consiste no lançamento de argamassa fluida sobre a base, por meio de uma colher de pedreiro. Esta argamassa é constituída de cimento e areia grossa, normalmente no traço em volume 1:3. A textura final proporcionada por esse método é formada por uma película rugosa e aderente (MANUAL DE REVESTIMENTO, ABCP, 2002).

Como contraponto, Gasperin (2011) aponta que como o chapisco tradicional exige grande intervenção humana, uma desvantagem de seu uso é a significativa variabilidade de desempenho. Esta variabilidade pode ocasionar prejuízos ao sistema de revestimento e é causada pela variação de composição, energia de lançamento e método de espalhamento.

Quanto ao chapisco rolado, Rudit (2009) cita as dentre as vantagens uma maior produtividade e o ganho ergonômico em sua aplicação. Como desvantagem, o autor menciona a fina camada proporcionada em cada de mão do material. Desta forma, para se obter uma maior rugosidade é necessária a aplicação de mais demãos, o que normalmente não ocorre para que não haja perda de produtividade.

Além disso, Macedo *et. al* (2007) indicam que um intervalo de tempo entre a aplicação do chapisco rolado e a aplicação do revestimento argamassado ocasiona perda de resistência a tração do revestimento. Isto ocorre, pois com sua exposição ao ar, um filme polimérico impermeável é formado na superfície, dificultando a penetração dos produtos da argamassa nos poros do substrato.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo estão apresentados os materiais e produtos utilizados na pesquisa, assim como os métodos e processos seguidos para o desenvolvimento do trabalho. Em resumo, em um primeiro momento foi realizada a caracterização do agregado miúdo e do aglomerante utilizados no chapisco convencional. Após, foram analisadas as propriedades dos chapiscos, das argamassas e do concreto, em seus estados fresco e endurecido. Por fim, o comportamento do revestimento foi observado. Para melhor entendimento, a Figura 4 ilustra o fluxograma das etapas do planejamento experimental.

Figura 4 - Fluxograma do plano experimental



Fonte: Autor (2020).

### 3.1 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

O planejamento experimental foi construído por três etapas. Na primeira, foi realizado a caracterização dos materiais utilizados para produção do chapisco. Posteriormente, foram executados os ensaios no estado fresco e no estado endurecido do chapisco, da argamassa e do concreto. Por fim, após montagem dos protótipos, o conjunto substrato e revestimento foi analisado.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram moldadas seis paredes em formas de alumínio com comprimento de 50 cm, altura de 33 cm e espessura de 10 cm. Assim, foi possível a análise de seis aplicações de revestimento diferentes. A dimensão das paredes foi definida pela disponibilidade de placas de alumínio para montagem e de modo que o substrato possuísse tamanho suficiente para atender o diâmetro, a quantidade e o espaçamento dos testemunhos extraídos no ensaio de resistência à tração no arrancamento, conforme orientação da NBR 13528 (ABNT, 2019). A Figura 5 ilustra o substrato montado para a pesquisa.

Figura 5 – (a) Concretagem do substrato, (b) Substrato desformado



(a)



(b)

Fonte: Autor (2020).

Nestas seis situações distintas, foram alternados o tipo de tratamento superficial empregado e a idade do substrato no momento da aplicação do revestimento. Assim, o Quadro 2 apresenta as datas de concretagem dos substratos, bem como as características das diferentes aplicações do revestimento.

Quadro 2 - Características dos revestimentos

Parede	Concreto (data de moldagem)	Tratamento superficial		Revestimento	
		Idade do substrato (dias)	Tipo de tratamento	Idade do substrato (dias)	Tipo de argamassa
1	A (19/03/2020)	Sem tratamento superficial		117	Industrializada
2		110	Chapisco rolado		
3		111	Chapisco 1:3		
4	B (03/07/2020)	Sem tratamento superficial		11	
5		4	Chapisco rolado		
6		5	Chapisco 1:3		

Fonte: Autor (2020).

O processo de aplicação do revestimento iniciou-se pela execução do tratamento superficial. O tratamento superficial das paredes 2 e 3 foi realizado aos 110 e 111 dias de idade do substrato. Já a execução do tratamento da superfície das paredes 5 e 6 foi aos 4 e 5 dias de idade do substrato, respectivamente.

Conforme indicado na Quadro 2, as paredes 1 e 4 não tiveram tratamento superficial e nas demais foram executados dois diferentes métodos de tratamento de superfície: chapisco rolado e chapisco 1:3 (em volume). Após, as paredes foram revestidas com argamassa industrializada. Nas paredes 1, 2 e 3 a argamassa foi lançada aos 117 dias de idade do substrato. Já nas paredes 4, 5 e 6 o substrato possuía 11 dias de idade no momento de aplicação da argamassa.

Por fim, cabe salientar que todos os ensaios realizados para o desenvolvimento da pesquisa são normatizados. Sendo assim, o Quadro 3 apresenta os ensaios executados bem como o método utilizado em cada procedimento.

Quadro 3 - Métodos de ensaio

(continua)

Material ou produto	Ensaio	Método
Agregado miúdo	Composição granulométrica	NBR NM 248:2003
	Massa específica	NBR 9776:1987
	Massa unitária	NBR NM 45:2006

(conclusão)

Cimento	Índice de finura	NBR 11579:2013
	Massa específica	NBR NM 23:2001
Argamassa no estado fresco	Índice de consistência	NBR 13276:2016
	Densidade de massa	NBR 13278:2005
	Retenção de água	NBR 13277:2005
Argamassa no estado endurecido	Absorção capilar	NBR 15259:2005
	Densidade de massa	NBR 13280:2005
	Resistência à tração na flexão e à compressão	NBR 13279:2005
Chapisco	Massa específica	NBR 9776:1987
Chapisco no estado fresco	Índice de consistência	NBR 13276:2016
Chapisco no estado endurecido	Resistência à tração na flexão e à compressão	NBR 13279:2005
Concreto no estado fresco	Abatimento	NBR NM 67:1998
Concreto no estado endurecido	Absorção capilar	NBR 9779:2012
	Absorção total	NBR 9778:2009
	Resistência à compressão	NBR 5739:2018
Substrato	Absorção superficial	Método do cachimbo
Revestimento	Resistência de aderência à tração	NBR 13528:2019

Fonte: Autor (2020).

O método do cachimbo é proposto pelo Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC) e pela *Réunion Internationale des Laboratoires d'Essais et de Recherches sur les Matériaux et les Constructions* (RILEM). Este ensaio avalia a permeabilidade e absorção de um elemento poroso submetido a uma coluna de água a baixa pressão. Para isso, tubos são fixados na superfície da estrutura e por serem graduados permitem a análise da variação do nível de água em determinado período. Contudo, como não possui normatização no Brasil, não existem valores médios ou de referência. Assim, os valores encontrados servem como comparação entre os demais resultados (DIAS; CARASEK, 2003).

## 3.2 MATERIAIS UTILIZADOS

Neste tópico serão apresentados os materiais utilizados na pesquisa, bem como os procedimentos seguidos e resultados encontrados nos ensaios de caracterização.

### 3.2.1 Agregado miúdo

Na pesquisa foi utilizado agregado miúdo de origem natural com para produção do chapisco convencional. Através disso, a caracterização do material foi realizada por meio de ensaios como o de determinação granulométrica (Figura 6), de massa unitária e massa específica através do frasco de Chapman. Com isso, o Quadro 4 apresenta os procedimentos seguidos em cada um dos ensaios.

Quadro 4 - Caracterização do agregado miúdo

Propriedade	Método
Distribuição granulométrica	NBR NM 248 (ABNT, 2003)
Dimensão máxima	
Módulo de finura	
Massa unitária	NBR NM 45 (ABNT, 2006)
Massa específica	NBR 9776 (ABNT, 1987)

Fonte: Autor (2019).

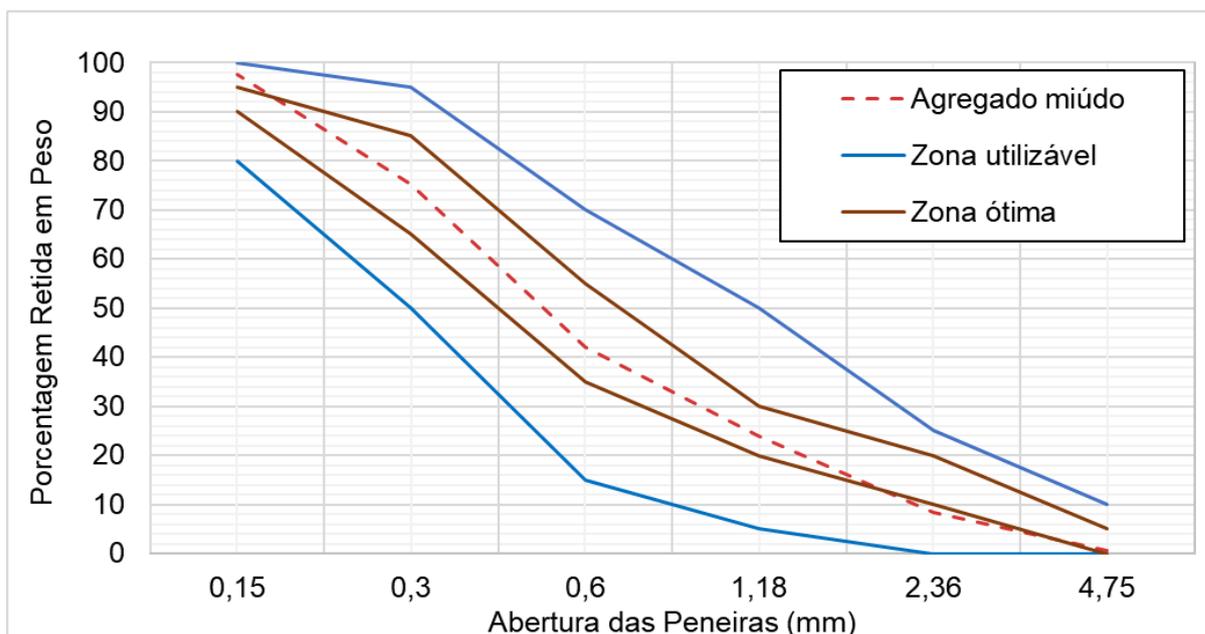
Figura 6 - Determinação granulométrica



Fonte: Autor (2020).

Como resultado ao ensaio de determinação granulométrica do agregado foi obtida a curva ilustrada na Figura 7. Além disso, o gráfico apresenta os dados de zona ótima e zona utilizável indicados na NBR 7211 (ABNT, 2009). Como pode ser observado, a curva granulométrica do agregado está em sua maior parte dentro da zona ótima. Ademais, a Tabela 1 expressa os percentuais retidos e acumulados em cada uma das peneiras no ensaio.

Figura 7 - Curva granulométrica do agregado miúdo



Fonte: Autor (2020).

Tabela 1 - Determinação granulométrica do agregado miúdo

Determinação granulométrica do agregado miúdo		
Peneira (mm)	Retido (%)	Acumulado (%)
4,75	1	1
2,36	8	9
1,18	15	24
0,6	18	42
0,3	33	75
0,15	22	97
Fundo	3	100

Fonte: Autor (2020).

Por fim, os resultados para o diâmetro máximo, módulo de finura, massa unitária, índice de volume de vazios e massa específica do agregado miúdo podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Caracterização do agregado miúdo

<b>Caracterização do agregado miúdo</b>	
<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Diâmetro máximo (mm)	4,75
Índice de volume de vazios (%)	35,8
Massa unitária (g/cm <sup>3</sup> )	1,68
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,61
Módulo de finura	2,48

Fonte: Autor (2020).

### 3.2.2 Cimento

O cimento utilizado no chapisco convencional foi CP II Z 32. A partir disso, foram realizados ensaios com o objetivo da determinação do índice de finura e da massa específica. Ainda, algumas características físicas e mecânicas foram obtidas com o fornecedor do material. Assim, o Quadro 5 exibe os métodos que foram seguidos para especificação das propriedades e a Tabela 3 apresenta seus resultados.

Quadro 5 - Caracterização do cimento

<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>
Índice de finura	NBR 11579 (ABNT, 2013)
Massa específica	NBR NM 23 (ABNT, 2001)
Resistência à compressão	Fabricante

Fonte: Autor (2019).

A massa específica encontrada de 2,94 g/cm<sup>3</sup> para o cimento ficou próxima da indicada no boletim de ensaio do material obtido com o fornecedor, no caso 3,00 g/cm<sup>3</sup>. Já o índice de finura resultante do ensaio apresentou um valor substancialmente maior, visto que, no mesmo boletim, o fornecedor indicou um índice

de finura médio igual a 0,4%. Pode-se explicar esta diferença pelo tempo de armazenamento do material.

Tabela 3 - Caracterização do cimento

<b>Caracterização do cimento</b>	
<b>Característica</b>	<b>Resultado</b>
Índice de finura (%)	1,2
Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )	2,94
Resistência à compressão – 28 dias (MPa)	37,5

Fonte: Autor (2020).

### 3.3 MÉTODOS DE ENSAIO

Neste tópico estão apresentados os ensaios que foram realizados para caracterização e determinação das propriedades dos chapiscos, da argamassa, dos substratos e dos sistemas de revestimento propostos.

#### 3.3.1 Substrato

O concreto utilizado para produção dos protótipos teve origem em usina localizada na cidade de Caxias do Sul. Além disso, como característica pode-se citar resistência à compressão de 25 MPa. Ademais, sua composição é cimento CP II F 40, agregado miúdo natural e artificial, brita 0, fibras de polipropileno e aditivos superplastificantes e polifuncionais.

Quanto aos ensaios, em seu estado fresco foi analisado o abatimento. No estado endurecido as características avaliadas foram a resistência à compressão, a absorção capilar e a absorção total. Ademais, o substrato foi submetido ao ensaio de absorção superficial pelo método do cachimbo. Assim, a Tabela 4 expõe os procedimentos que foram adotados para determinação de cada propriedade, bem como a quantidade de ensaios realizados.

Tabela 4 - Caracterização do concreto

(continua)

<b>Ensaio de caracterização do concreto</b>
---

(conclusão)

Propriedade	Método	Número de ensaios
Abatimento	NBR NM 67:1998	1
Absorção capilar	NBR 9779:2012	6
Absorção total	NBR 9778:2009	6
Absorção superficial do substrato	Método do cachimbo	2
Resistência à compressão	NBR 5739:2018	6

Fonte: Autor (2019).

Desta forma, por meio do ensaio proposto foi determinado o abatimento do concreto utilizado para construção das paredes do trabalho. Assim, o resultado encontrado está descrito na Tabela 5. Além disso, a NBR 8953 (ABNT, 2015) estabelece as classes dos concretos estruturais quanto ao abatimento (Quadro 6).

Tabela 5 - Abatimento do concreto

Ensaio de abatimento do concreto	
Propriedade	Resultado (mm)
Abatimento	240

Fonte: Autor (2020).

Quadro 6 - Classe de consistência dos concretos

Classe	Abatimento (mm)	Aplicações típicas
S10	$10 \leq A < 50$	Concreto extrusado, vibro prensado e centrifugado.
S50	$50 \leq A < 100$	Alguns tipos de pavimentos e elementos de fundações.
S100	$100 \leq A < 160$	Elementos estruturais com lançamento convencional.
S160	$160 \leq A < 220$	Elementos estruturais com lançamento bombeado.
S220	$\geq 220$	Elementos estruturais esbeltos ou com alta densidade de armadura.

Fonte: Adaptado de NBR 8953 (ABNT, 2015).

Conforme o Quadro 6, o concreto utilizado na montagem das paredes tem classe de abatimento S220 indicada para elementos esbeltos e/ou com alta densidade de armadura. O resultado vem ao encontro da ideia defendida pelos autores Lima e Costa (2008) do uso de concreto com alta fluidez no sistema construtivo paredes de concreto.

Na construção dos protótipos, em um primeiro momento foi realizada a montagem das formas com uso de desmoldante a base de óleo vegetal. Deste modo, o Quadro 7 apresenta os dados do desmoldante utilizado obtidos com o fornecedor. Após 24 horas da concretagem as paredes foram desformadas. Por fim, os substratos foram lavados com uso de escova de aço, água e detergente neutro para limpeza da superfície antes da realização dos ensaios e execução do revestimento.

Quadro 7 - Propriedades do desmoldante

<b>Propriedade</b>	<b>Dados do produto</b>
Estado físico	Líquido
Aspecto	Líquido Oleoso
Cor	Âmbar
Densidade (g/mL)	0,820 a 0,870

Fonte: Autor (2020).

Cabe ressaltar que como uma das variáveis da pesquisa era a influência da idade do substrato na aderência de revestimento, as seis paredes foram concretadas em duas datas diferentes, sendo três paredes em cada dia. Assim, para melhor compreensão dos ensaios, o concreto utilizado para moldagem das três primeiras paredes está identificado pela letra A (117 dias de idade na aplicação da argamassa) e o concreto das últimas três paredes pela letra B (11 dias de idade na aplicação da argamassa).

### 3.3.1.1 Absorção capilar

Para a absorção capilar do concreto utilizado foram moldados três corpos de prova para cada uma das duas concretagens realizadas na produção dos substratos, totalizando seis unidades. Diante disso, foram seguidas as determinações da NBR 9779 (ANBT, 2012). Assim, os corpos de prova primeiramente foram secados em

estufa até constância de massa. Após, eles foram colocados em um recipiente com nível d'água constante a 5 mm ( $\pm 1$  mm) acima de sua face inferior.

Como prescrito pela norma, deveriam ter sido verificadas as massas dos corpos de prova com 3, 6, 24, 48 e 72 horas contadas a partir da disposição deles em contato com a água. Entretanto, com o acesso ao laboratório reduzido devido a crise sanitária provocada pelo vírus *Covid-19*, foi possível determinar a massa somente em 3, 24 e 48 horas.

Concluída esta etapa, os corpos de prova foram submetidos ao rompimento por compressão diametral, sendo possível analisar a distribuição de água no interior das peças. Com isso, a Figura 8 apresenta o equipamento utilizado para este rompimento.

Figura 8 – Ensaio de compressão diametral



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.1.2 Absorção superficial do substrato

O estudo da absorção superficial do substrato pelo método do cachimbo foi realizado a partir de duas paredes, uma de cada data de concretagem. Seguindo as orientações do Centre Scientifique et Technique de la Construction (CSTC), os frascos denominados cachimbo foram fixados nos substratos com o uso de selante poliuretano. Para uma análise mais ampla, foram utilizados dois cachimbos por parede possibilitando a verificação entre diferentes pontos da base.

Após secagem do selante, os frascos foram preenchidos com água até a marca de referência. A partir disso, leituras do nível de água foram realizadas em

intervalos de 5 minutos até o ensaio completar 15 minutos. A Figura 9 apresenta uma das paredes com os frascos já fixados em sua superfície.

Figura 9 - Método do cachimbo



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.1.3 Absorção total

O ensaio de absorção total do concreto é normatizado pela NBR 9778 (ABNT, 2009). Para o ensaio, foram moldados três corpos de prova para cada uma das datas de concretagem, totalizando seis unidades. Em um primeiro momento, os corpos de prova foram mantidos em estufa à temperatura  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) até constância de massa.

Depois da secagem, foi verificada a massa dos corpos de prova. Após, as peças foram submersas em tanque de água. Por fim, foram determinadas as massas dos corpos saturados as 24, 48 e 72 horas de ensaio. Assim, a Figura 10 ilustra a determinação da massa de um dos corpos de prova após sua secagem em estufa.

Figura 10 – Ensaio de absorção total do concreto



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.1.4 Resistência à compressão

A resistência à compressão do concreto é definida por meio de ensaio normatizado pela NBR 5739 (ABNT, 2018). Neste ensaio, corpos de prova cilíndricos são submetidos à compressão, com carregamento crescente contínuo e sem choque até sua ruptura.

Para este ensaio foram moldados quatro corpos de prova para o concreto A e quatro para o concreto B. O intuito era determinar a resistência à compressão dos corpos de prova aos 7 e 28 dias de idade, sendo dois corpos para cada idade. Entretanto, devido a crise sanitária causada pelo vírus *Covid-19* o laboratório utilizado para pesquisa esteve fechado impossibilitando o rompimento dos corpos de prova do concreto A nas datas pré-estabelecidas. Em resumo, para o concreto A foram rompidos apenas dois corpos de prova com idade de 71 dias. Já para o concreto B, foi possível determinar a resistência nas datas definidas.

### 3.3.2 Argamassas

As argamassas utilizadas para tratamento de superfície foram chapisco convencional de traço 1:3 (em volume) e chapisco industrializado rolado. O primeiro foi escolhido pelo seu uso frequente em tratamentos de base. Já o segundo, por ser industrializado, foi comprado em fornecedor da região de Caxias do Sul. Assim, a Figura 11 mostra o chapisco rolado utilizado no trabalho.

Figura 11 - Chapisco rolado



Fonte: Autor (2020).

Para produção do chapisco convencional a quantidade de água foi definida pela consistência ideal estabelecida pelo operador. Já no chapisco rolado, a

quantidade de água foi a indicada pelo fornecedor do produto. Deste modo, as Tabelas 6 e 7 apresentam as dosagens do chapisco convencional e do chapisco rolado, respectivamente. A partir da dosagem, obteve-se o índice a/c do chapisco convencional igual a 1,43.

Tabela 6 - Dosagem do chapisco convencional

<b>Dosagem do chapisco convencional</b>	
<b>Material</b>	<b>Quantidade (kg)</b>
Cimento	0,95
Areia	6
Água	1,36

Fonte: Autor (2020).

Tabela 7 - Dosagem do chapisco rolado

<b>Dosagem do chapisco rolado</b>	
<b>Material</b>	<b>Quantidade (kg)</b>
Chapisco	5
Água	1,13

Fonte: Autor (2020).

Quanto a caracterização, os dois tipos de chapisco foram ensaiados para determinação da massa específica, do índice de consistência e da resistência à tração na flexão e à compressão. Além disso, algumas características do chapisco rolado foram obtidas com o fabricante. Assim, a Tabela 8 exibe os métodos e a quantidade de ensaios realizados e a Tabela 9 o desempenho do chapisco rolado em ensaios realizados pelo fornecedor.

Tabela 8 - Caracterização do chapisco

(continua)

<b>Ensaio de caracterização do chapisco</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Número de ensaios</b>

(conclusão)		
Índice de consistência	NBR 13276:2016	1
Massa específica	NBR 9776:1987	2
Resistência à tração na flexão e compressão	NBR 13279:2005	3

Fonte: Autor (2019).

Tabela 9 - Desempenho do chapisco rolado em ensaios do fornecedor

<b>Desempenho médio do chapisco rolado</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Resultados</b>
Retenção de água (%)	NBR 13277:2005	96,9
Densidade no estado fresco (g/cm <sup>3</sup> )	NBR 13278:2005	1,87
Resistência de aderência à tração aos 28 dias (MPa)	NBR 15258:2005	0,62

Fonte: Autor (2020).

Para revestimento, a argamassa utilizada nesta pesquisa foi a industrializada ensacada (Figura 12). A partir disso, o primeiro ensaio realizado foi o de massa específica. Após, foram executados ensaios tanto no estado fresco quanto no estado endurecido. No estado fresco foram analisados o índice de consistência, a retenção de água e a densidade de massa. Já no estado endurecido a resistência à tração na flexão, a resistência à compressão, a absorção capilar e a densidade de massa. Com isso, a Tabela 10 apresenta os métodos para obtenção destas características, bem como o número de ensaios realizados.

Tabela 10 - Caracterização da argamassa

(continua)

<b>Ensaio de caracterização da argamassa</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Número de ensaios</b>

(conclusão)

Absorção capilar	NBR 15259:2005	3
Densidade de massa no estado fresco	NBR 13278:2005	1
Densidade de massa no estado endurecido	NBR 13280:2005	3
Índice de consistência	NBR 13276:2016	1
Massa específica	NBR 9776:1987	2
Resistência à tração na flexão e à compressão	NBR 13279:2005	3
Retenção de água	NBR 13277:2005	1

Fonte: Autor (2019).

Na dosagem da argamassa a quantidade de água usada na mistura foi a indicada pelo fabricante do material. Diante disso, a Tabela 11 mostra a dosagem rodada em betoneira para obtenção do produto utilizado no revestimento das paredes do trabalho.

Figura 12 - Argamassa industrializada



Fonte: Autor (2020).

Tabela 11 - Dosagem da argamassa

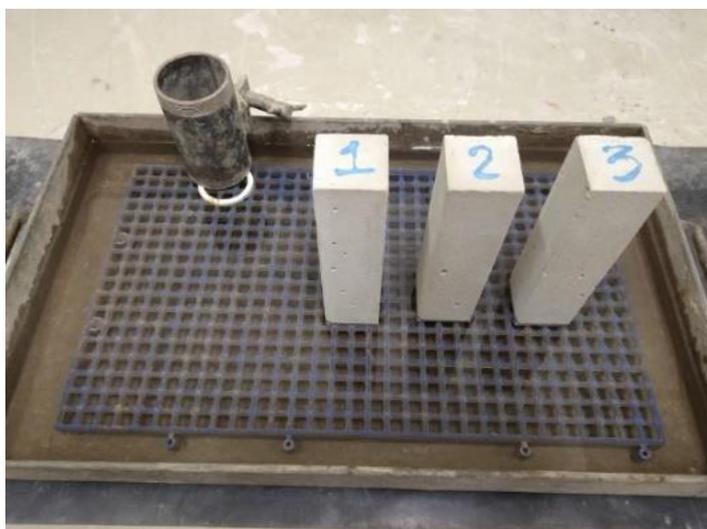
<b>Dosagem da argamassa</b>	
<b>Material</b>	<b>Quantidade (kg)</b>
Argamassa	60
Água	8,7

Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.1 Absorção capilar

Para o ensaio de absorção capilar da argamassa de revestimento foram seguidas as diretrizes da NBR 15259 (ABNT, 2005). Para isso, foram moldados três corpos de prova prismáticos. Aos 28 dias de idade, foram definidas as massas de cada amostra. Após, os corpos de prova foram dispostos em um tanque de água, com nível mantido em 5 mm ( $\pm 1$ ) da superfície em contato. Para determinação da absorção capilar e do coeficiente de capilaridade, as massas das amostras foram verificadas aos 10 e aos 90 minutos de ensaio. A Figura 13 apresenta as amostras durante o ensaio.

Figura 13 - Ensaio de absorção capilar da argamassa



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.2 Densidade de massa no estado endurecido

A densidade de massa da argamassa de revestimento no estado endurecido foi determinada pelos procedimentos descritos na NBR 13280 (ABNT, 2005). Assim, três corpos de prova prismáticos foram moldados. Após 28 dias da moldagem, foram verificadas as massas de cada uma das amostras, bem como suas dimensões. Com isso, as densidades das amostras foram determinadas pela divisão da massa pelo volume encontrado. A Figura 14 ilustra os corpos de prova no momento da aferição de suas dimensões.

Figura 14 - Ensaio de densidade de massa no estado endurecido da argamassa



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.3 Densidade de massa no estado fresco

A densidade de massa da argamassa de revestimento em seu estado fresco foi obtida por meio do procedimento contido na NBR 13278 (ABNT, 2005). No ensaio, um recipiente de PVC previamente calibrado foi preenchido com a argamassa em três camadas de mesma altura. Cada camada recebeu vinte golpes com soquete metálico para correto adensamento.

Figura 15 - Ensaio de densidade de massa no estado fresco da argamassa



Fonte: Autor (2020).

Após o recipiente ser rasado, foi determinada a massa da amostra. Com a massa definida e o volume do recipiente já identificado, calculou-se a densidade de massa e o teor de ar incorporado da argamassa. A Figura 15 apresenta o recipiente utilizado no ensaio já preenchido com a argamassa.

### 3.3.2.4 Índice de consistência

Para determinação do índice de consistência das argamassas utilizadas na pesquisa foram seguidos os procedimentos da NBR 13276 (ABNT, 2016). No ensaio, o molde tronco de cone previamente umedecido foi preenchido em três camadas sucessivas de mesma altura. O adensamento das camadas foi realizado por meio de soquete metálico com aplicação de quinze, dez e cinco golpes, respectivamente.

Após rasamento, o molde foi retirado e as argamassas submetidas a trinta quedas em 30 segundos na mesa de adensamento. Por fim, o índice de consistência foi determinado pela média de três medições do diâmetro da amostra. Assim, a Figura 16 apresenta as amostras do chapisco convencional e rolado logo após verificação de seus índices de consistência.

Figura 16 - Índice de consistência (a) Chapisco convencional, (b) Chapisco rolado



(a)



(b)

Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.5 Massa específica

Como as argamassas possuíam em suas composições aglomerante e agregado, para determinação da massa específica foram seguidas as orientações da NBR NM 9776 (ABNT, 1987) com uso do frasco denominado Chapman. Entretanto, o líquido utilizado para análise da variação de volume no frasco foi querosene, ao contrário da água indicada nesta norma.

Para o ensaio, primeiramente o frasco foi preenchido com querosene até a marca de 200 cm<sup>3</sup>. Após, 500 gramas do material foram adicionados lentamente com uso de funil de vidro, de modo que fosse evitada a adesão de partículas do material as paredes do recipiente. Com todo o material já adicionado, o frasco foi agitado em movimentos circulares para expulsão de bolhas de ar. Por fim, a massa específica foi

definida a partir da leitura do nível do querosene. Assim, a Figura 17 ilustra o frasco utilizado no procedimento.

Figura 17 - Ensaio de massa específica do chapisco rolado



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.6 Resistência à tração na flexão e à compressão

Para determinação da resistência das argamassas utilizadas foram seguidas as diretrizes da NBR 13279 (ABNT, 2005). Desta forma, foram moldados três corpos de prova prismáticos para cada material. A moldagem das amostras foi realizada em duas camadas adensadas com trinta quedas pela mesa de adensamento.

Aos 28 dias de idade, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de resistência à tração na flexão com aplicação de carga igual a 50 N/s ( $\pm 10$ ) até sua ruptura. Após, as metades dos três corpos de prova de cada amostra foram utilizados no ensaio de resistência à compressão axial com carga de 500 N/s ( $\pm 10$ ) até ruptura.

### 3.3.2.7 Retenção de água

Para a determinação da retenção de água da argamassa de revestimento foram seguidos os procedimentos da NBR 13277 (ABNT, 2005). No ensaio foi utilizado um funil adaptado a uma bomba de vácuo (Figura 18). Seguindo a metodologia, primeiramente foi disposto sobre o funil um papel disco umedecido. Após, o funil foi

preenchido com argamassa adensada através de trinta e sete golpes com soquete metálico. Por fim, para verificação da retenção de água, a amostra foi submetida a sucção por quinze minutos.

Figura 18 - Ensaio de retenção de água da argamassa



Fonte: Autor (2020).

### 3.3.2.8 Caracterização dos chapiscos

Com os ensaios executados, foi possível a determinação das propriedades das argamassas utilizadas como chapisco para tratamento de superfície dos substratos. Desta forma, nesta seção estão apresentados os resultados. Demais valores obtidos nos ensaios podem ser analisados no Apêndice A.

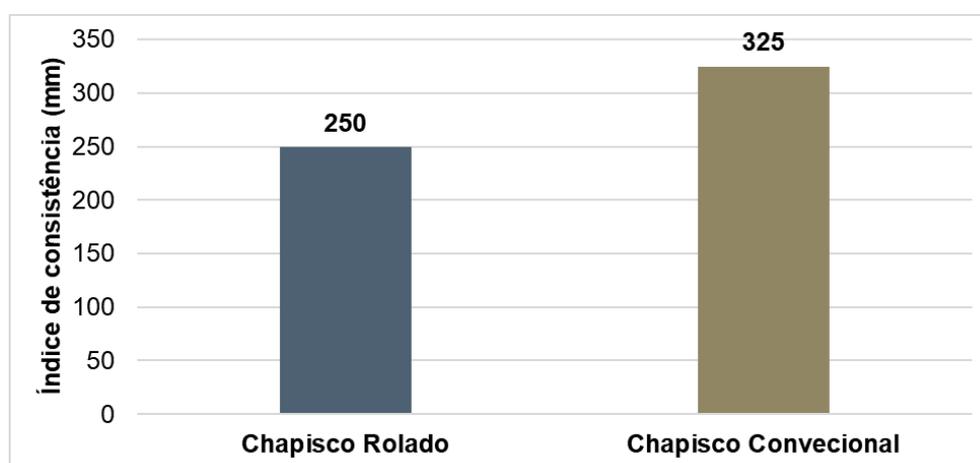
Assim, os resultados do ensaio de índice de consistência dos chapiscos utilizados no trabalho estão apresentados na Tabela 12 e na Figura 19 por meio de gráfico. Observou-se um índice de consistência do chapisco convencional 30% maior do que o chapisco rolado. Pode-se atribuir isso ao fato de a quantidade de água do chapisco rolado ter sido determinada pelo fornecedor, enquanto para o chapisco convencional o volume de água foi definido pelo operador que executou o tratamento superficial das paredes.

Tabela 12 - Índice de consistência dos chapiscos

<b>Índice de consistência dos chapiscos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Índice de consistência (mm)</b>
Convencional	325
Rolado	250

Fonte: Autor (2020).

Figura 19 - Índice de consistência dos chapiscos



Fonte: Autor (2020).

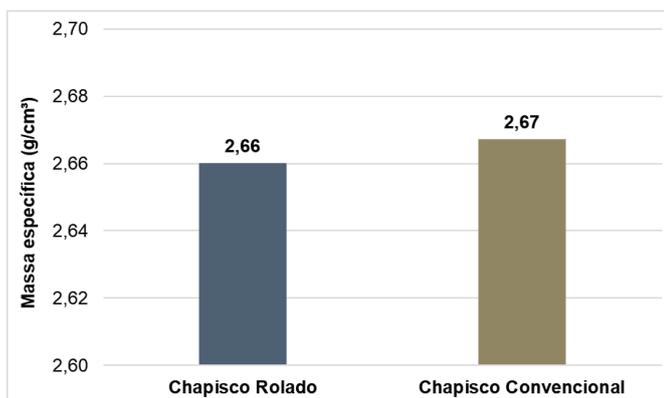
Quanto a massa específica dos dois tipos de chapisco utilizados na pesquisa, os valores estão apresentados na Tabela 13 e na Figura 20. Como pode ser observado, os resultados obtidos são semelhantes, com o chapisco convencional sendo ligeiramente mais pesado.

Tabela 13 - Massa específica dos chapiscos

<b>Massa específica dos chapiscos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Massa específica (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Convencional 1:3	2,67
Rolado	2,66

Fonte: Autor (2020).

Figura 20 - Massa específica dos chapiscos



Fonte: Autor (2020).

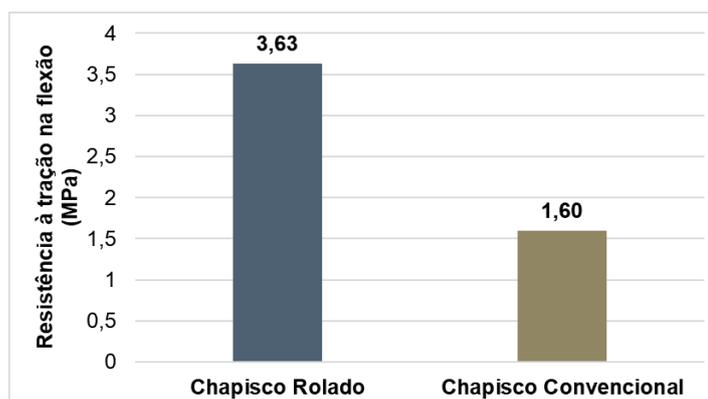
Os resultados de resistência de aderência à tração dos chapiscos estão apresentados na Tabela 14. Além disso, a Figura 21 mostra os valores em gráfico para facilitar a análise. Deste modo, pode-se observar que o chapisco rolado obteve uma resistência à tração na flexão 126% maior do que o resultado apresentado pelo chapisco convencional.

Tabela 14 - Resistência à tração na flexão dos chapiscos

Resistência à tração na flexão dos chapiscos	
Tipo	Resistência à tração na flexão (MPa)
Convencional	1,60
Rolado	3,63

Fonte: Autor (2020).

Figura 21 - Resistência à tração na flexão dos chapiscos



Fonte: Autor (2020).

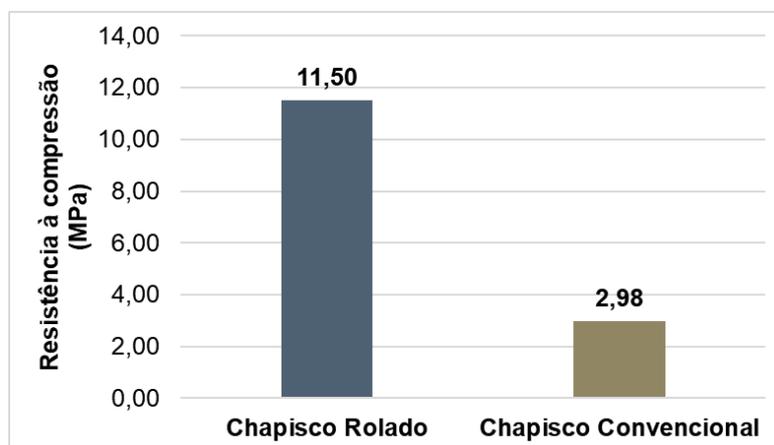
A Tabela 15 e a Figura 22 apresentam os valores de resistência à compressão dos chapiscos utilizados na pesquisa. Como o chapisco rolado apresentou um valor maior de resistência à tração na flexão já era esperado que na resistência à compressão isso também ocorresse. Ioppi (1995) e Recena (2012) indicam que existe relação entre as resistências de uma argamassa, ou seja, uma argamassa com maior resistência à tração tende a apresentar maior valor também para a resistência à compressão. Assim, a resistência à compressão resultante do chapisco rolado foi 329% maior do que o valor encontrado para o chapisco convencional.

Tabela 15 - Resistência à compressão dos chapiscos

<b>Resistência à compressão dos chapiscos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
Convencional	2,98
Rolado	11,50

Fonte: Autor (2020).

Figura 22 - Resistência à compressão dos chapiscos



Fonte: Autor (2020).

A menor resistência mecânica apresentada pelo chapisco convencional pode ser compreendida porque está submetida a uma maior variabilidade de diversos fatores. De todo modo, esta variabilidade é causada em grande parte pela exposição a intervenção humana em sua produção. Além disso, as características dos materiais utilizados no traço também podem ter influenciado no resultado (GASPERIN, 2011).

Ademais, sabe-se que uma relação água/cimento maior resulta em argamassas de menor resistência. Isso ocorre, pois este parâmetro resulta em uma

maior incidência de vazios capilares e, portanto, menores valores de resistência mecânica (JANTSH, 2015).

### 3.3.2.9 Caracterização da argamassa de revestimento

Com os ensaios propostos, foi possível realizar a caracterização da argamassa utilizada no trabalho. Deste modo, a Tabela 16 mostra os resultados encontrados pela metodologia executada. Além disso, a NBR 13281 (ABNT, 2005) estabelece requisitos para as argamassas, onde de acordo com os valores de algumas propriedades elas são identificadas por diferentes classes. Por outro lado, cabe salientar que esta norma não apresenta indicações de uso em relação a estas classes. Desta forma, na Tabela 16 também estão expostas as diferentes classes encontradas para argamassa utilizada na pesquisa. Ademais, outros dados obtidos nos ensaios podem ser analisados no Apêndice B.

Tabela 16 - Caracterização da argamassa

<b>Caracterização da argamassa industrializada</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Resultado</b>	<b>Classes NBR 13281</b>
Coeficiente de capilaridade ( $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{m}^{1/2}$ )	3,18	C4
Densidade de massa no estado endurecido ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,60	M4
Densidade de massa no estado fresco ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	1,78	D4
Teor de ar incorporado (%)	20	-
Índice de consistência (mm)	228	-
Resistência à tração na flexão (MPa)	2,01	R4
Resistência à compressão (MPa)	6,17	P5
Retenção de água (%)	87,3	U4

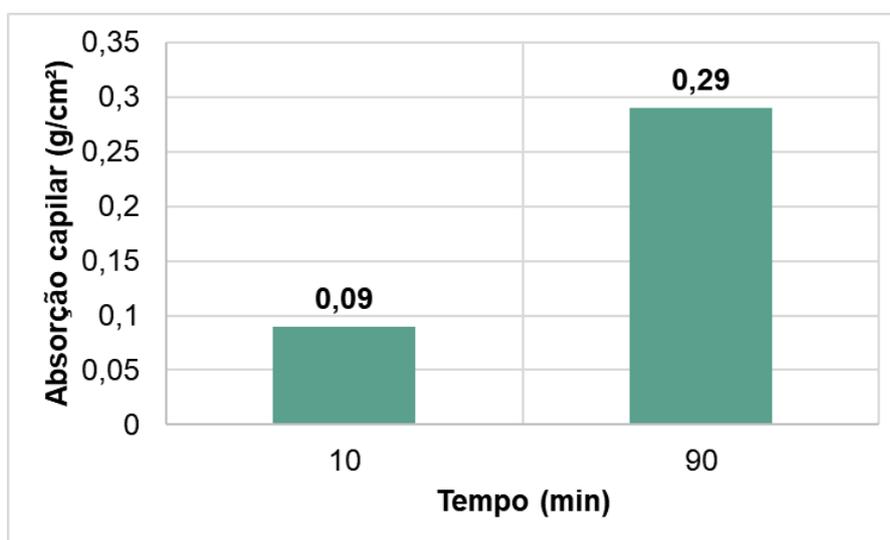
Fonte: Autor (2020).

Quanto a absorção capilar, foi encontrado um valor de  $3,18 \text{ g}/\text{cm}^2 \cdot \text{m}^{1/2}$  como coeficiente de capilaridade. Assim, de acordo com a NBR 13281 (ABNT, 2005) a argamassa utilizada no trabalho pode ser classificada como C4. Além disso, a Figura 23 apresenta um gráfico para visualização dos resultados de absorção. Pode-se

observar que houve um acréscimo de 222% de absorção capilar entre as aferições de massa do ensaio.

Ioppi (1995) e Fiorito (2009) apresentam a vedação com uma das funções das argamassas de revestimento. Desta forma, o uso de argamassas com maiores valores de absorção deve ser evitado em revestimentos externos. Ao encontro, Jantsh (2015) e Carasek (2010) citam que a análise de permeabilidade se torna ainda mais importante em fachadas, uma vez que o revestimento serve como um primeiro obstáculo para agentes de degradação que podem causar problemas estéticos e também de saúde para os usuários de um empreendimento.

Figura 23 - Absorção capilar da argamassa



Fonte: Autor (2020).

Referente a densidade de massa no estado fresco, a argamassa pode ser identificada por classe M4. Já para o estado endurecido a classe encontrada foi D4. Além da densidade de massa também foi determinado no ensaio um teor de ar incorporado de 20%. Carasek (2010), explica que a diminuição da densidade de massa do estado fresco para o endurecido é esperada, uma vez que corpos de prova endurecidos tendem a apresentar densidade 7 a 9% menor que seu estado inicial devido a relação do teor de água da argamassa com esta propriedade. Além disso, a autora afirma que uma densidade de massa entre 1,4 e 2,3 g/cm<sup>3</sup> é considerada normal e indicada para argamassas em aplicações convencionais.

Sobre a resistência mecânica, observa-se que a resistência à tração na flexão ficou aproximadamente em 32,5% da resistência à compressão. Além disso, pode-se

classificar a argamassa utilizada na pesquisa como classe R4 para a resistência à tração da flexão e classe P5 para a resistência à compressão. Segundo Recena (2012), valores superiores de resistência à compressão e a tração na flexão podem ser indicativos de qualidade do produto. Aliado a isso, Ioppi (1995) identifica que existe relação destas propriedades com outros tipos de resistência de uma argamassa. Ainda, Recena (2012) afirma que uma argamassa utilizada em revestimento deve possuir resistência à compressão superior a 2 MPa para atender requisito de norma.

Com o resultado encontrado para a retenção de água, pode-se classificar a argamassa como U4. Cincotto, Silva e Cascudo (1995) e Recena (2012) defendem que maiores valores de retenção de água resultam em melhor aderência de um revestimento argamassado. Isso ocorre, pois a argamassa tende a liberar a água de sua mistura mais lentamente, proporcionando uma aderência mais homogênea e eficaz. Além disso, Do Ó (2004) cita que uma maior retenção de água garante que a argamassa mantenha sua coesão e plasticidade para manter-se fixa ao substrato após seu lançamento.

Por fim, quando comparados os resultados encontrados nos ensaios com a ficha técnica do produto disponibilizada pelo fabricante observa-se uma convergência de grande parte das propriedades. As classes de coeficiente de capilaridade, de densidade de massa no estado fresco e no estado endurecido e de resistência à compressão obtidas são as mesmas informadas pelo fabricante. Por outro lado, as classes de resistência à tração na flexão e retenção de água informadas pelo fornecedor foram R3 e U2, respectivamente. Deste modo, pode-se concluir que a argamassa obteve resultados superiores para estas duas propriedades nos ensaios executados.

### **3.3.3 Sistemas de revestimento**

Os sistemas de revestimento foram executados em uma das faces das seis paredes moldadas. Quanto ao tratamento superficial, duas não receberam, duas receberam chapisco rolado e duas receberam chapisco convencional 1:3. Deste modo, o Quadro 8 apresenta o tratamento superficial aplicado em cada parede.

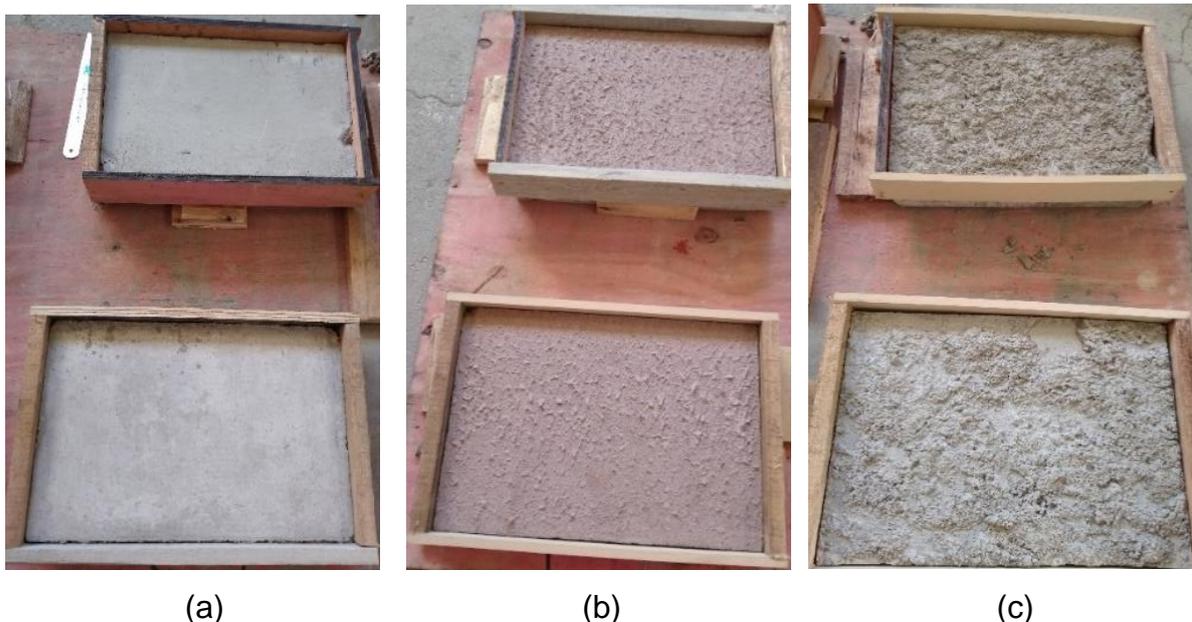
Quadro 8 - Tratamentos superficiais

Parede	Concreto (data da moldagem)	Tratamento superficial	Idade do substrato (dias)
1	A (19/03/2020)	Nenhum	-
2		Chapisco rolado	110
3		Chapisco 1:3	111
4	B (03/07/2020)	Nenhum	-
5		Chapisco rolado	4
6		Chapisco 1:3	5

Fonte: Autor (2020).

O chapisco rolado foi aplicado com as paredes na posição horizontal e com uso de rolo de textura em trama de vinil. Já o chapisco convencional 1:3 foi lançado com auxílio de colher de pedreiro, com as paredes na posição vertical. Nesta etapa, a execução do chapisco convencional expôs uma deficiência de aderência ao substrato. Diversas porções lançadas contra as paredes acabaram escorrendo na superfície, sendo necessários outros lançamentos do material no mesmo local. Assim, a Figura 24 ilustra os substratos após a etapa de aplicação de tratamento superficial.

Figura 24 - (a) Sem tratamento, (b) Chapisco rolado, (c) Chapisco convencional

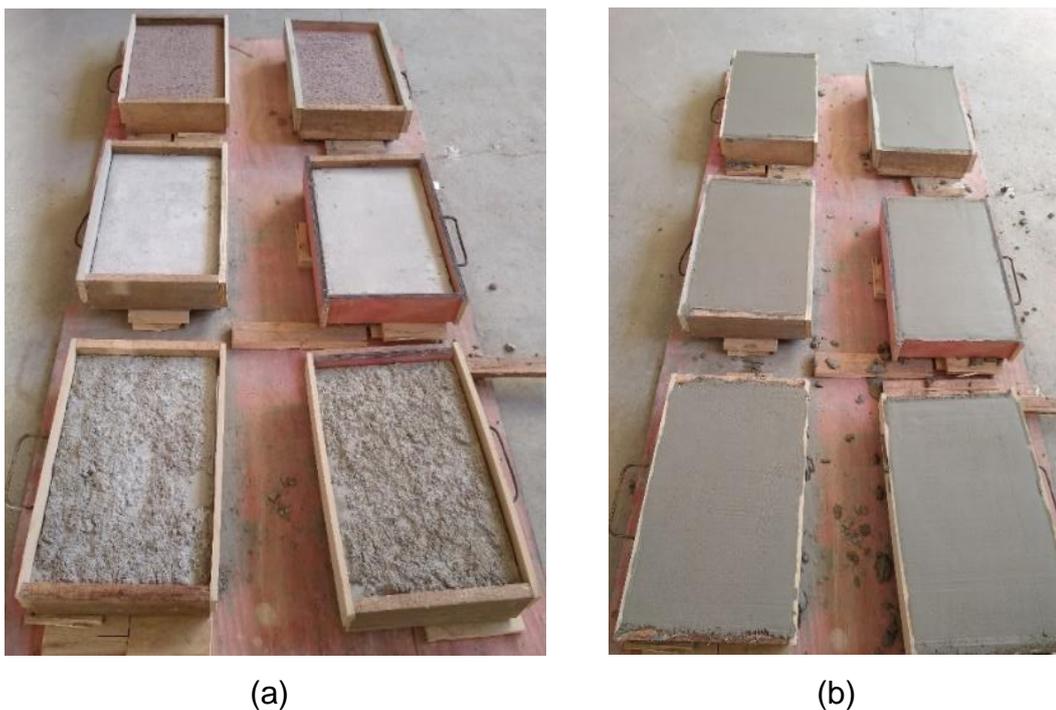


Fonte: Autor (2020).

Após a execução do chapisco, foi respeitado um período de cura antes da aplicação da argamassa. Deste modo, o chapisco rolado teve um período de cura de 7 dias e o chapisco convencional de 6 dias. Logo após, a argamassa foi aplicada em todas as paredes no mesmo dia. Assim, as paredes moldadas com o concreto A possuíam 117 dias de idade e as paredes construídas com o concreto B 11 dias de idade no momento da execução da argamassa.

A aplicação foi realizada com as paredes na posição horizontal com uso de colher de pedreiro. Além disso, foram utilizados quadros de madeira possibilitando o nivelamento do revestimento, deixando-o com espessura média de 2,5 cm. Assim, a Figura 25 apresenta as paredes antes e após a execução do revestimento argamassado.

Figura 25 - (a) Paredes sem revestimento, (b) Paredes com revestimento



Fonte: Autor (2020).

Por fim, após 28 dias da aplicação da argamassa foi realizado o ensaio de resistência de aderência à tração. O ensaio seguiu as indicações presentes na NBR 13528 (ABNT, 2019). Assim, para cada face das paredes, foram extraídos doze testemunhos com diâmetro de 5 cm. A Tabela 17 mostra a metodologia seguida, bem como o número de ensaios realizados.

Tabela 17 – Caracterização do revestimento

<b>Ensaio de caracterização do revestimento</b>		
<b>Propriedade</b>	<b>Método</b>	<b>Número de ensaios</b>
Resistência de aderência à tração	NBR 13528:2019	12

Fonte: Autor (2020).

### 3.3.3.1 Resistência de aderência à tração

A resistência de aderência à tração do revestimento foi determinada pelos procedimentos contidos na NBR 13528 (ABNT, 2019). Desta forma, o ensaio foi realizado após 28 dias da execução do revestimento. Para atendimento a norma, foram realizados doze cortes de 5 cm de diâmetro por parede, totalizando setenta e duas unidades.

Em um primeiro momento, os pontos dos testemunhos foram demarcados nas paredes com lápis para uma melhor visualização da distribuição dos cortes. Após, os cortes foram realizados até o substrato com o uso de serra copo diamantada. Cabe ressaltar que a poeira acumulada no processo de perfuração foi removida com ar comprimido. A Figura 26 mostra umas das paredes com os pontos dos testemunhos já cortados.

Figura 26 - Cortes no revestimento



Fonte: Autor (2020).

Com os testemunhos isentos de poeira, foi executada a colagem das pastilhas do ensaio. Para fixação, usou-se cola epóxi, cujo preparo exige a mistura de dois componentes. Após aplicação, respeitou-se uma cura de 8 horas para secagem completa do produto indicada pelo fornecedor.

Para execução do ensaio de resistência de aderência à tração, foi utilizado dinamômetro de tração posicionado ortogonalmente ao eixo das paredes. Após arrancamento, foi realizada a medição dos diâmetros dos testemunhos com uso de paquímetro. Assim, a Figura 27 mostra umas das paredes com todas as pastilhas já fixadas e o equipamento utilizado no ensaio.

Figura 27 - (a) Fixação das pastilhas, (b) Dinamômetro de tração



(a)



(b)

Fonte: Autor (2020).

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

Nesta seção serão apresentados os resultados dos ensaios realizados para caracterização do substrato, do chapisco e do sistema de revestimento. Também, serão realizadas análises e discussões acerca dos valores obtidos.

### 4.1 SUBSTRATO

Os resultados presentes neste tópico referem-se aos ensaios realizados para caracterização do substrato nos estados fresco e endurecido. Além disso, também é apresentado o ensaio de absorção das paredes pelo método do cachimbo. Ainda, outros dados pertinentes aos ensaios podem ser visualizados no Apêndice C. Cabe lembrar que o concreto utilizado nas primeiras três paredes está identificado pela letra A (117 dias de idade na aplicação da argamassa) e o concreto utilizado na construção das últimas três paredes pela letra B (11 dias de idade na aplicação da argamassa).

#### 4.1.1 Absorção capilar

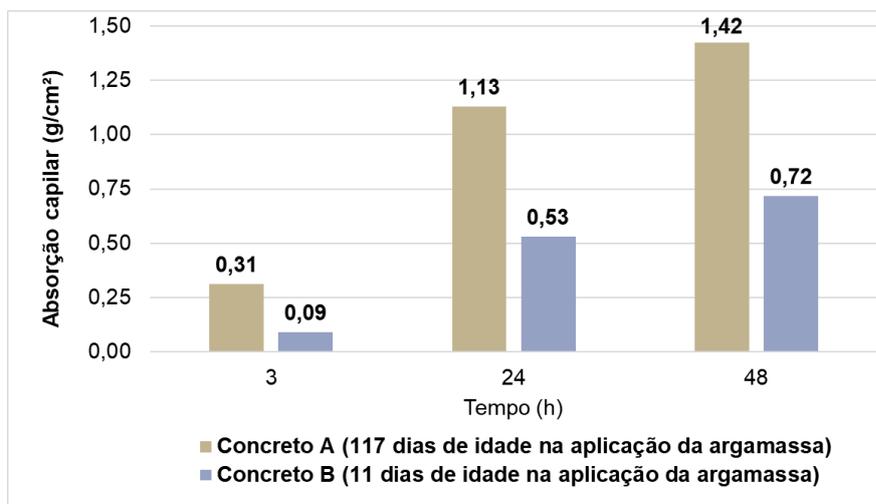
Com este ensaio, foi possível determinar a absorção capilar dos concretos utilizados nas duas diferentes datas de concretagem das paredes. A partir disso, a Tabela 18 apresenta os resultados encontrados no ensaio e na Figura 28 pode-se observar graficamente a diferença de absorção entre os concretos.

Tabela 18 - Absorção por capilaridade do concreto

<b>Absorção por capilaridade do concreto</b>				
<b>Concreto (idade em dias na aplicação da argamassa)</b>	<b>Idade em dias na realização do ensaio</b>	<b>Absorção por capilaridade 3 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 24 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 48 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>
A (117)	137	0,31	1,13	1,42
B (11)	31	0,09	0,53	0,72

Fonte: Autor (2020).

Figura 28 - Absorção por capilaridade do concreto



Fonte: Autor (2020).

Analisando os concretos individualmente, é possível identificar um maior aumento de absorção no período entre 3 e 24 horas de ensaio. Após este intervalo, ambos os concretos ainda tiveram aumento de absorção até 48 horas, porém em uma taxa menor. Neste último período, o concreto A apresentou um incremento de 25% na absorção e o concreto B de 35%.

Ainda, através dos resultados pode-se verificar uma diferença de absorção entre os concretos usados. O concreto A utilizado nas primeiras três paredes apresentou uma maior capacidade de absorção capilar quando comparado ao concreto B usado nas últimas três paredes. Esta diferença fica ainda mais evidente quando analisada a distribuição de água no interior dos corpos de prova. As Figuras 29 e 30 apresentam os corpos de prova do concreto A e do concreto B submetidos a rompimento por compressão diametral depois de realizado o ensaio de absorção capilar.

Figura 29 - Distribuição de água na absorção do concreto A



Fonte: Autor (2020).

Figura 30 - Distribuição de água na absorção do concreto B



Fonte: Autor (2020).

Nota-se que a distribuição de água no interior dos corpos de prova do concreto A é semelhante. No entanto, nos corpos de prova do concreto B o mesmo não ocorreu. No caso, um corpo de prova apresentou uma distribuição substancialmente maior do que as outras duas amostras do mesmo concreto.

Ao contrário do resultado, era esperado que o concreto B por ter menos idade apresentasse uma maior absorção capilar, uma vez que Mehta e Monteiro (2008) identificaram que a permeabilidade de um concreto totalmente hidratado é menor do que um concreto jovem. Uma das possibilidades para justificar este desvio pode ser a presença de desmoldante impregnado nos corpos de prova do concreto B, pois duas das três amostras apresentaram uma absorção capilar extremamente baixa, mesmo todos sendo constituídos do mesmo concreto. Carasek, Cascudo e Jucá (2005) afirmam que possíveis resíduos de desmoldante presentes na superfície de um elemento tem ação hidrofugante, impedindo a absorção de água.

#### 4.1.2 Absorção superficial do substrato

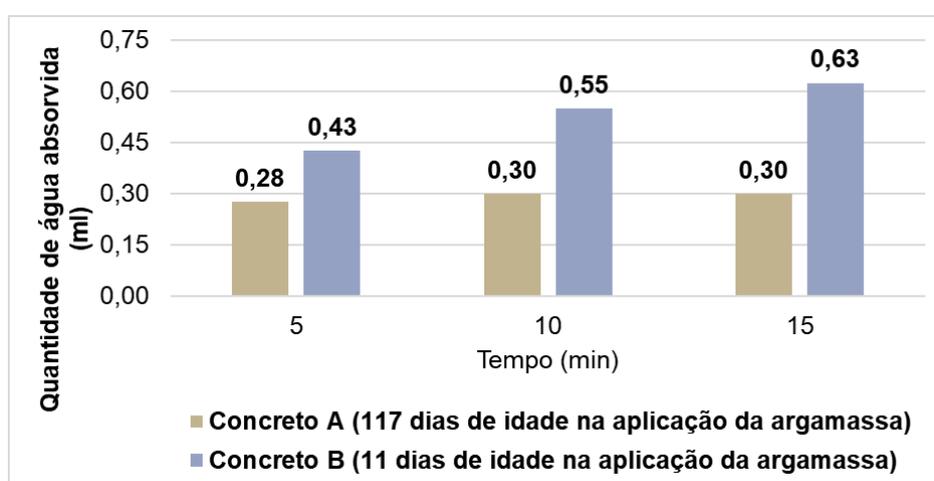
Para análise da absorção superficial das paredes foi realizado o ensaio pelo método do cachimbo. Desta forma, a Tabela 19 apresenta o volume de água absorvido pelas paredes produzidas com o concreto A (117 dias de idade na aplicação da argamassa) e B (11 dias de idade na aplicação da argamassa). Também, a Figura 31 ilustra por meio de gráfico os resultados obtidos. No dia do ensaio, a parede produzida com o concreto A tinha 111 dias de idade e a parede construída com o concreto B 5 dias. Nota-se que a parede executada com o concreto B apresentou valores superiores de absorção superficial.

Tabela 19 - Absorção superficial dos substratos

Absorção superficial do substrato		
Tempo (min)	Concreto A (ml)	Concreto B (ml)
5	0,28	0,43
10	0,30	0,55
15	0,30	0,63

Fonte: Autor (2020).

Figura 31 - Absorção superficial dos substratos



Fonte: Autor (2020).

Pode-se observar que o substrato produzido com o concreto A teve uma absorção estável durante todo o período de ensaio. Já a absorção do substrato construído com o concreto B aumentou entre os períodos de aferição. Entre os 5 e 10 minutos houve um acréscimo de 28% na absorção. Já no último período o aumento foi de 15%.

A maior absorção pelo substrato produzido com o concreto B era aguardada pelo simples fato de ser um concreto mais jovem. Com essa condição é esperado que os vazios capilares do concreto ainda não estejam totalmente preenchidos, aumentando sua porosidade (CAPPELARI *et al.*, 2020). Além disso, sabe-se que a resistência de um concreto é inversa a incidência de vazios capilares e diretamente ligada ao tempo de cura do material (NEVILLE, 1997). Por estes motivos, se fez previsível a condição de que o concreto de menor idade apresentasse maiores taxas de absorção.

### 4.1.3 Absorção total

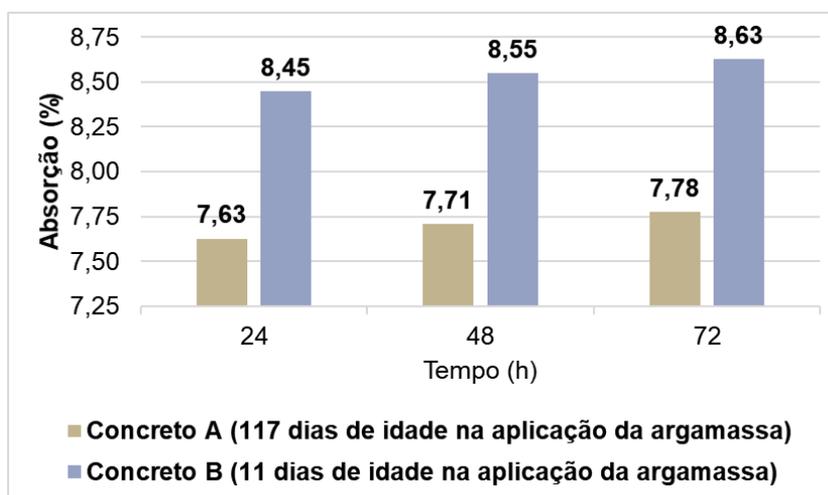
Os valores encontrados para a absorção dos concretos utilizados estão apresentados na Tabela 20. Além disso, a Figura 32 ilustra os resultados para melhor comparação entre os concretos usados. Pode-se concluir que o concreto B, utilizado na segunda etapa de concretagem, apresentou maiores valores quanto a absorção total.

Tabela 20 - Absorção total do concreto

Absorção total do concreto				
Concreto (idade em dias na aplicação da argamassa)	Idade em dias na realização do ensaio	Absorção 24 h (%)	Absorção 48 h (%)	Absorção 72 h (%)
A (117)	137	7,63	7,71	7,78
B (11)	31	8,45	8,55	8,63

Fonte: Autor (2020).

Figura 32 - Absorção total do concreto



Fonte: Autor (2020).

Analisando os concretos separadamente, pode-se observar que a taxa de aumento de absorção entre as aferições no ensaio é praticamente a mesma para ambos, entorno de 1%. Porém, ao comparar os concretos é notório o maior volume absorvido de água pelo concreto B. Na primeira medição do ensaio o concreto B

obteve uma absorção 11% maior que o concreto A e esta diferença se manteve nos demais períodos.

Exatamente como na absorção superficial, eram aguardados valores maiores de absorção pelo concreto B. Por ser um concreto mais novo e, por consequência, menos resistente, a permeabilidade foi maior, visto que ambos os corpos de prova foram produzidos com o mesmo traço (STOLZ, 2008). Ao encontro, Hoffmann (2001) cita que a permeabilidade do concreto está relacionada com os poros capilares do substrato. Desta forma, quanto menor o tempo de cura de um concreto, maior deverá ser sua permeabilidade, uma vez que seus poros capilares ainda não estão totalmente preenchidos com os produtos de hidratação do cimento. Da mesma forma, Pereira (2001) indica que a porosidade do concreto decresce à medida que seus vazios são preenchidos pelos compostos que se formam com o tempo de hidratação.

#### 4.1.4 Resistência à compressão

As Tabelas 21 e 22 apresentam os valores obtidos quanto à resistência à compressão dos concretos usados para produção das paredes da pesquisa. Cabe ressaltar que devido à crise sanitária provocada pelo vírus *Covid-19* não foi possível determinar a resistência do concreto A aos 7 e 28 dias de idade, somente aos 71 dias. De toda forma, por meio dos ensaios realizados foi possível identificar que aos 28 dias o concreto B apresentou resistência à compressão de 25 MPa.

Tabela 21 - Resistência à compressão do concreto A

<b>Resistência à compressão do concreto A</b>	
<b>Idade (dias)</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
71	41,0

Fonte: Autor (2020).

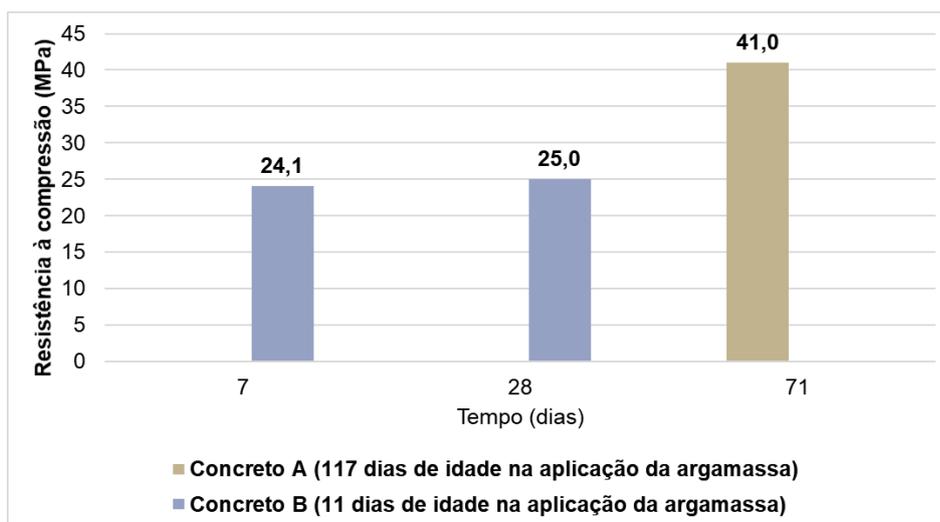
Tabela 22 - Resistência à compressão do concreto B

<b>Resistência à compressão do concreto B</b>	
<b>Idade (dias)</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
7	24,1
28	25,0

Fonte: Autor (2020).

Quanto ao concreto A, a resistência à compressão encontrada aos 71 dias foi de 41 MPa. Pode-se justificar esta resistência substancialmente superior pela necessidade do método construtivo por um concreto com maior resistência inicial. Por fim, a Figura 33 ilustra os valores obtidos nos ensaios de resistência à compressão de ambos os concretos.

Figura 33 - Resistência à compressão do concreto



Fonte: Autor (2020).

Neville (1997) defende que a idade do substrato tem influência sobre sua resistência. De modo geral, concretos com maior grau de maturação apresentam resistências mais elevadas, quando comparados a si mesmos em menores idades. Ao encontro, Mehta e Monteiro (2008) reforçam que em condições normais de umidade e temperatura, quanto maior o tempo de cura de um concreto, maior será sua resistência mecânica.

Entretanto, outra análise possível para esta diferença substancial de resistência do concreto B com 28 dias e do concreto A com 71 dias é de que se tratam de diferentes concretos, com dosagens distintas. Essa afirmação torna-se possível pela estimativa de resistência de concretos que a NBR 6118 (ABNT, 2014) apresenta por meio de equação matemática. A partir disso, estimasse que um concreto produzido com cimento CP II F em cura úmida apresente um ganho de resistência à compressão de aproximadamente 10% dos 28 dias aos 71 dias de idade. Esta relação estimada entre a idade e a resistência de concretos também é indicada pelos autores Mehta e Monteiro (2008). Ao encontro, Helene e Andrade (2010) mostram que o ganho

de resistência de um concreto produzido com cimento CP II dos 28 aos 63 dias tende a ser de 8% e de 12% dos 28 aos 91 dias.

Analisando os concretos utilizados nesta pesquisa a diferença de resistência à compressão dos 28 dias do concreto B aos 71 dias do concreto A foi de 64%, muito superior ao apresentado pela bibliografia consultada. Deste modo, essa possível alteração de dosagem pode ter sido originada por deficiência no controle tecnológico e de qualidade da usina fabricante, tendo como resultado a produção de dois concretos distintos, com diferentes propriedades.

#### 4.2 REVESTIMENTO

Neste tópico serão apresentados e discutidos os resultados do ensaio de resistência de aderência à tração realizado nos sistemas de revestimento propostos. Além disso, outros dados complementares obtidos no ensaio estão expostos no Apêndice D.

Para cada uma das seis paredes foram realizados doze ensaios de resistência de aderência à tração do revestimento. Entretanto, alguns corpos de prova apresentaram resistência insatisfatória no ensaio soltando-se do substrato já no momento da perfuração do revestimento ou da acoplagem do equipamento de tração. Assim, a Figura 34 ilustra as paredes após perfuração dos testemunhos e colagem das pastilhas de extração. Na imagem, é possível visualizar a ausência de testemunhos devido a deficiência de aderência entre o substrato e os sistemas de revestimento.

Figura 34 - (a) Corte dos testemunhos, (b) Fixação das pastilhas



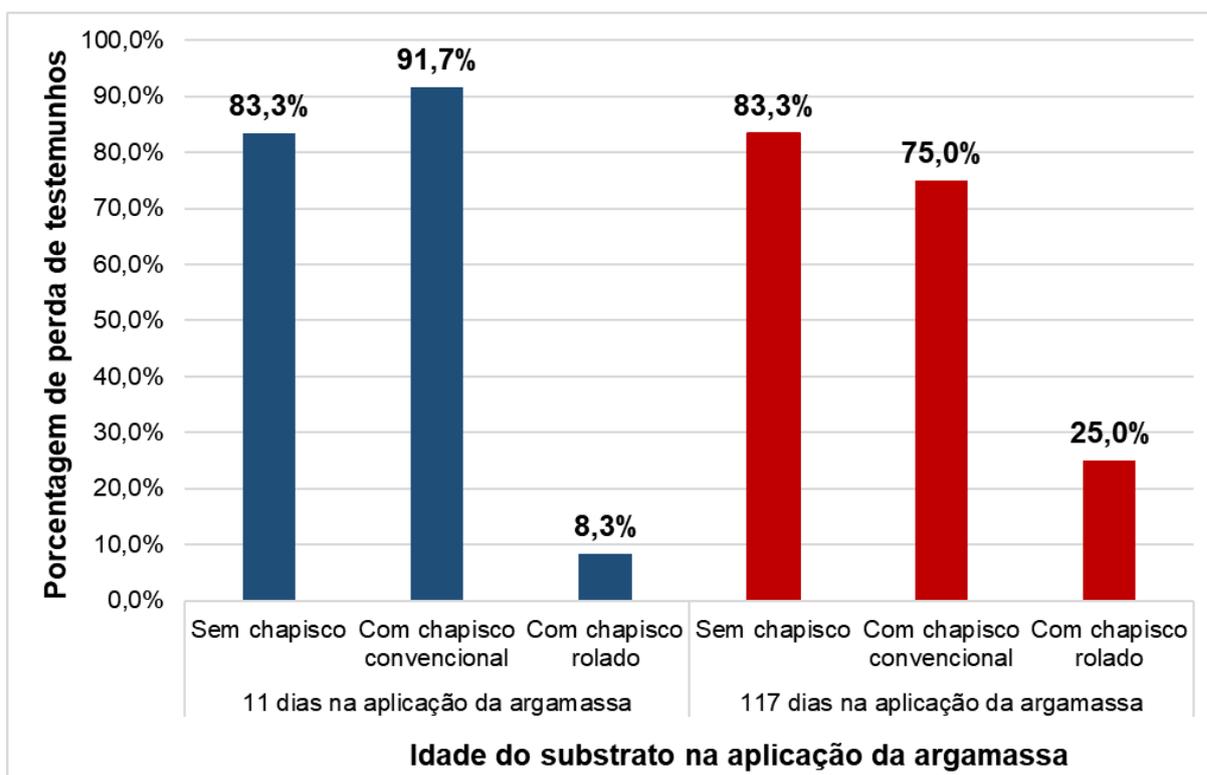
(a)

(b)

Fonte: Autor (2020).

Como pode ser observado na Figura 35, a maior parte dos testemunhos que se soltaram antes do ensaio de tração eram das paredes sem uso de tratamento superficial e com uso de chapisco convencional. Nas paredes sem uso de tratamento superficial (paredes 1 e 4) houve uma perda de 83,3% das amostras. Do mesmo modo, nas paredes com uso de chapisco convencional para posterior execução da argamassa (paredes 3 e 6), houve grande incidência de testemunhos com aderência insatisfatória. Por outro lado, nas paredes que receberam chapisco rolado (paredes 2 e 5) apenas quatro corpos de prova apresentaram resistência de aderência igual a zero, sendo um na parede que recebeu argamassa com 11 dias de idade e 3 na parede que recebeu o revestimento com 117 dias de idade.

Figura 35 - Porcentagem de perda de testemunhos



Fonte: Autor (2020).

A deficiência de aderência nos sistemas propostos era um dos resultados possíveis, sendo essa a hipótese da pesquisa. Ruduit (2009) indica o deslocamento de revestimentos aplicados sobre estruturas de concreto com umas das manifestações patológicas cada vez mais frequentes em obras e cita como possíveis causas a falta de porosidade e de rugosidade superficial destas estruturas.

Por este motivo, Moura (2007) defende que revestimentos argamassados devem ser aplicados a substratos de concreto somente após prévio tratamento superficial. Por outro lado, Pretto (2007) apresenta que a aplicação de um tratamento superficial em um substrato não garante por si só bons resultados de aderência. Em relação ao tratamento com uso de chapisco, é necessário que este atenda critérios de desempenho e tenha compatibilidade com a base, aumentando a probabilidade de uma aderência efetiva do sistema de revestimento.

De todo modo, esta variabilidade de resultados de aderência de revestimentos argamassados é compreensível. Carasek (2010) aponta que devido aos inúmeros fatores que influenciam a aderência de um revestimento, são esperados valores elevados de coeficiente de variação. Segundo a autora, estudos publicados apresentam coeficientes de variação na casa de 10 a 35%, mesmo quando executados em laboratório. Desta forma, o tratamento de dados de um ensaio de resistência à tração torna-se uma tarefa complicada.

Gonçalves (2004) vai além, concluindo que a análise apenas dos resultados encontrados pela metodologia da NBR 13528 (ABNT, 2019) não traduz o real comportamento de um sistema de revestimento. O autor indica uma análise de outros indicadores estatísticos como o coeficiente de variação. Isto ocorre, pois a média aritmética preconizada pela norma não expressa o nível de influência dos valores extremos da amostra. Além disso, o autor apresenta que é necessário estabelecer um número mínimo de amostras necessárias, visto a variabilidade de resultados que podem ser encontrados devido à falta de homogeneidade na aderência de um sistema.

Assim, Stolz (2008) indica que uma forma de tratar os dados para uma maior confiabilidade se dá pela exclusão de valores espúrios. Como critério, a autora menciona o corte de valores menores que a média menos o desvio padrão e valores maiores que a média mais o desvio padrão. Diante disso, para os resultados de aderência dos sistemas de revestimento propostos, não foram considerados os valores destoantes da média, bem como os que apresentaram falhas durante a execução do ensaio. Pela baixa amostragem, os resultados obtidos para as paredes sem tratamento superficial e para as paredes com uso de chapisco convencional foram considerados inconclusivos, uma vez que devido à evidente falta de homogeneidade de aderência, não é possível analisar o sistema de revestimento de

forma confiável. Contudo, estes valores estão apresentados nas seções seguintes e podem ser observados no Apêndice D.

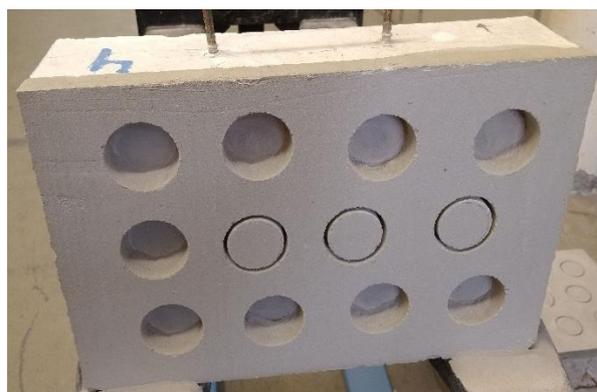
#### 4.2.1 Paredes sem tratamento na superfície (sem chapisco)

A Figura 36 apresenta as paredes sem uso de tratamento superficial momentos antes da colagem das pastilhas e acoplamento do equipamento de tração para ensaio de resistência de aderência. Nestas paredes, dos vinte e quatro corpos de prova determinados apenas quatro resistiram ao corte e a acoplamento do equipamento, sendo duas amostras em cada uma das paredes. Cabe lembrar que no momento da aplicação da argamassa a parede feita com o concreto A (parede 1) possuía 117 dias de idade e a parede executada com o concreto B (parede 4) 11 dias de idade.

Figura 36 – Paredes sem tratamento superficial (a) 1, (b) 4



(a)



(b)

Fonte: Autor (2020).

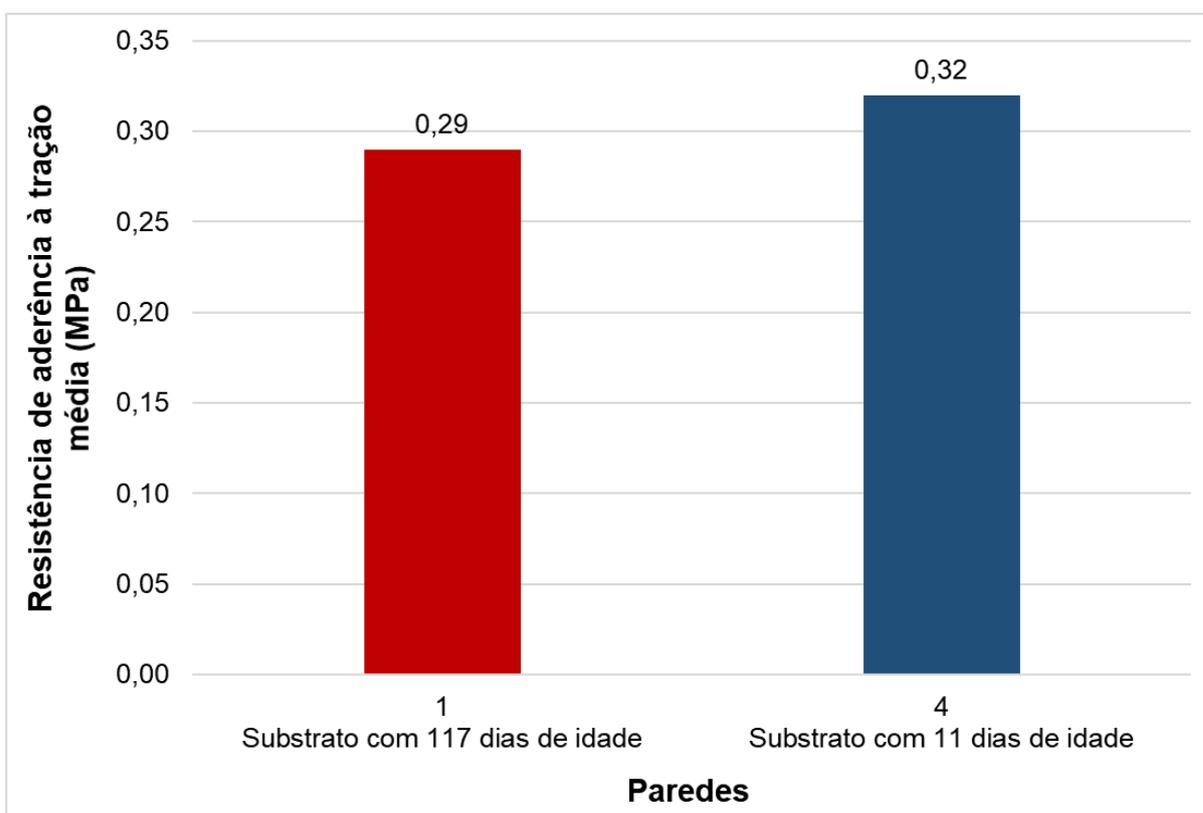
Diante disso, a Tabela 23 apresenta os resultados encontrados. Já a Figura 37 mostra os valores obtidos por meio de gráfico. Deste modo, como as duas paredes tiveram apenas dois testemunhos cada, o tratamento de dados proposto não alterou o alto coeficiente de variação. De toda forma, devido à baixa amostragem ocasionada pelo deslocamento de testemunhos, os valores encontrados para a aderência são inconclusivos, uma vez que não expressam o desempenho do revestimento como um todo, apenas de um contato pontual. Também, pela baixa amostragem não é possível identificar a influência da idade do substrato na aderência, embora o revestimento executado na parede mais jovem tenha apresentado resultado levemente superior.

Tabela 23 - Resistência de aderência dos revestimentos sem tratamento superficial

Resistência de aderência à tração					
Parede	Idade do substrato na aplicação da argamassa (dias)	Tratamento de superfície	Tensão de ruptura média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)
1	117	Sem	0,29	0,10	35,8
4	11	tratamento	0,32	0,14	43,2

Fonte: Autor (2020).

Figura 37 - Resistência de aderência dos revestimentos sem tratamento superficial



Fonte: Autor (2020).

Quanto as formas de ruptura dos testemunhos, a Figura 38 ilustra as amostras das paredes sem uso de tratamento superficial feitas com o concreto A (parede 1 com 117 dias de idade na aplicação da argamassa) e B (parede 4 com 11 dias de idade na aplicação da argamassa), respectivamente. Foi possível identificar que os corpos de prova romperam na interface do substrato com a argamassa, evidenciando uma baixa

aderência resultante da incompatibilidade de características entre estes elementos do sistema.

Figura 38 – Testemunhos (a) Parede 1, (b) Parede 4



Fonte: Autor (2020).

Não se pode atribuir a argamassa essa deficiência de adesão, uma vez que o material apresentou bons resultados de desempenho em sua caracterização (seção 3.3.3.8). Deste modo, é possível compreender este resultado ao analisar as características do substrato, como sua baixa rugosidade e permeabilidade. Na adesão inicial, Recena (2012) aponta que a argamassa necessita prender-se aos poros e reentrâncias da superfície para se manter fixa enquanto entra em ação o processo de aderência. Ao encontro, Carasek (2005) salienta que somente após a fixação mecânica do revestimento no substrato a pasta da argamassa passa a ser absorvida pela base.

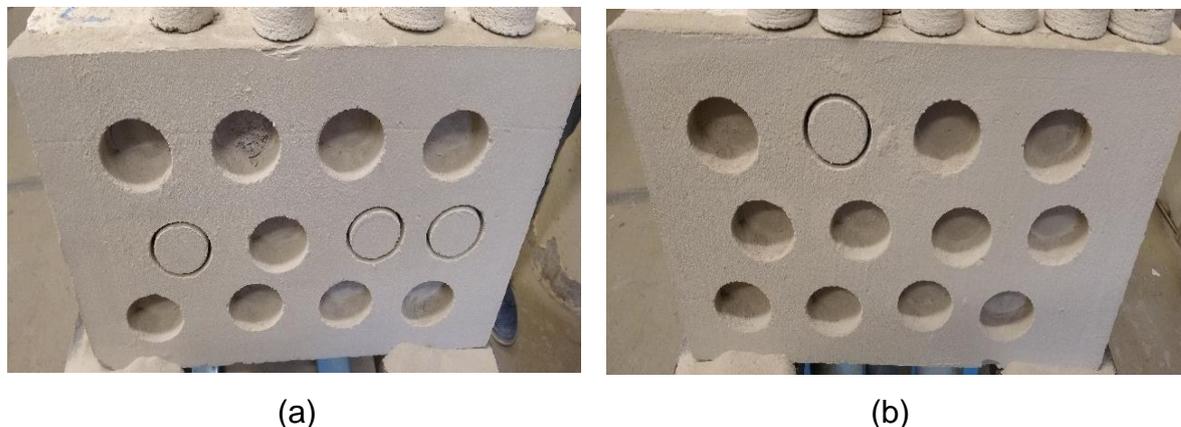
Da mesma forma, Backlandt (2005) indica que a rugosidade de uma superfície atua de maneira positiva na aderência de um revestimento, pois estas saliências aumentam a área de contato entre a argamassa e o substrato, resultando em uma maior extensão de aderência. Gonçalves (2004) concluí que uma maior extensão de contato proporciona ao revestimento uma aderência mais eficiente e duradoura.

#### 4.2.2 Paredes com chapisco convencional

A Figura 39 mostra as paredes com uso de chapisco convencional 1:3 como tratamento superficial antes da fixação das pastilhas para tração dos testemunhos. Como pode ser observado, na parede construída com o concreto A (parede 3) apenas três amostras resistiram ao corte. Já na parede executada com o concreto B (parede 6), apenas um testemunho manteve-se aderido ao substrato para ensaio de

resistência de aderência. Na metodologia proposta, a argamassa foi executada com a parede 3 tendo 117 dias e a parede 6 possuindo 11 dias de idade.

Figura 39 - Paredes com chapisco convencional (a) 3, (b) 6



Fonte: Autor (2020).

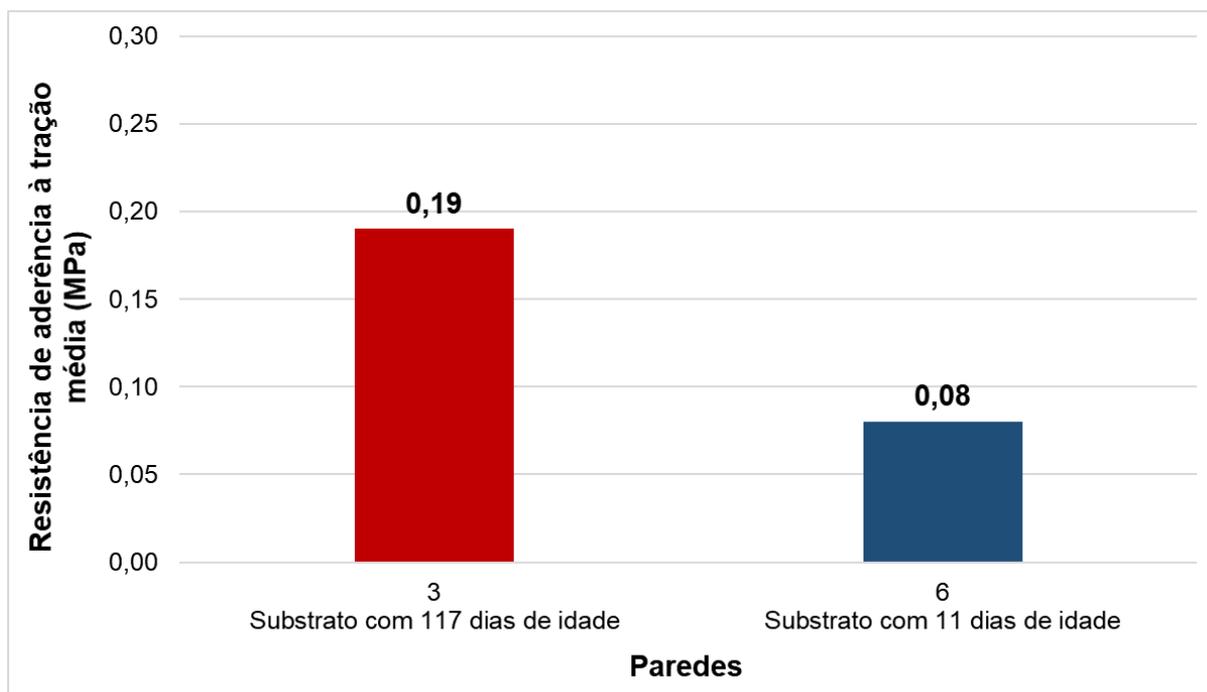
Os resultados de aderência encontrados para as paredes com uso de chapisco convencional 1:3 estão apresentados na Tabela 24 e na Figura 40 por meio de gráfico. Assim como para as paredes sem tratamento, devido à baixa amostragem não foi possível identificar com confiabilidade a influência da idade do substrato na aderência. Do mesmo modo, os valores resultantes de aderência não demonstram a real condição de fixação do revestimento.

Tabela 24 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco convencional

<b>Resistência de aderência à tração</b>					
<b>Parede</b>	<b>Idade do substrato na aplicação da argamassa (dias)</b>	<b>Tratamento de superfície</b>	<b>Tensão de ruptura média (MPa)</b>	<b>Desvio padrão (MPa)</b>	<b>Coefficiente de variação (%)</b>
3	117	Chapisco	0,19	0,03	12,8
6	11	convencional	0,08	-	-

Fonte: Autor (2020).

Figura 40 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco convencional



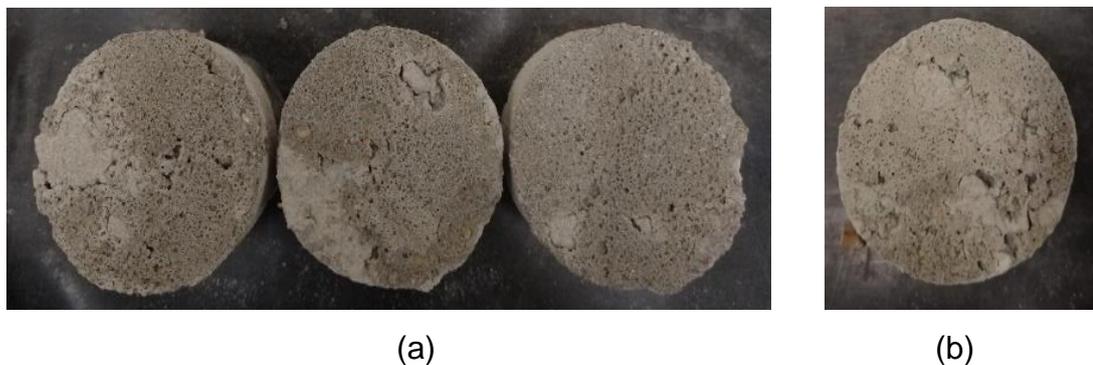
Fonte: Autor (2020).

A Figura 41 apresenta os testemunhos da parede feita com o concreto A (parede 3 com 117 dias de idade na aplicação da argamassa) e da parede construída com o concreto B (parede 6 com 11 dias de idade na aplicação da argamassa), respectivamente. Desta forma, foi possível identificar o tipo de ruptura. Em ambas as paredes, a ruptura ocorreu na interface do substrato com o chapisco. Além das propriedades do substrato, pode-se explicar este fato pela baixa resistência à tração na flexão e à compressão que o chapisco convencional apresentou em sua caracterização. Recena (2012) indica que a resistência à compressão de uma argamassa serve como uma forma de avaliar a sua qualidade, visto que a propriedade tem relação com as demais resistências do material.

Ainda, outro fator que pode ter determinado a deficiência na aderência foi a baixa adesão já apresentada pelo chapisco no momento de seu lançamento. Esta baixa adesão inicial pode ter sido ocasionada pela superfície do substrato pouco rugosa e pela relação água/cimento da mistura. Segundo Do Ó (2004), a consistência é a propriedade que tem a função de evitar o deslocamento de uma argamassa lançada devido ao seu peso próprio e a ação da gravidade. Aliado a isso, Cincotto, Silva e Cascudo (1995) defendem que a consistência é diretamente ligada a quantidade de água de uma argamassa. Além disso, outro fator importante que deve

ser considerado é a execução do chapisco. Gasperin (2011) alerta que a variabilidade de desempenho do chapisco convencional é ocasionada pelo alto grau de interferência humana em sua dosagem e aplicação.

Figura 41 - Testemunhos (a) Parede 3, (b) Parede 6



Fonte: Autor (2020).

#### 4.2.3 Paredes com chapisco rolado

A Figura 42 apresenta as paredes com uso de chapisco rolado já com os testemunhos cortados. Como pode ser observado, neste sistema houve menor incidência de perda de testemunhos por baixa aderência. Na parede construída com o concreto A (parede 2 com 117 dias de idade na aplicação da argamassa) três amostras soltaram-se do substrato no momento da montagem do equipamento de tração. Na parede executada com o concreto B (parede 5 com 11 dias na aplicação da argamassa), houve a perda de apenas um corpo de prova, ocasionado por um impacto no transporte da parede. Diante disso, a Tabela 25 e a Figura 43 apresentam os resultados de resistência de aderência à tração após tratamento dos dados obtidos.

Figura 42 - Paredes com chapisco rolado (a) 2, (b) 5



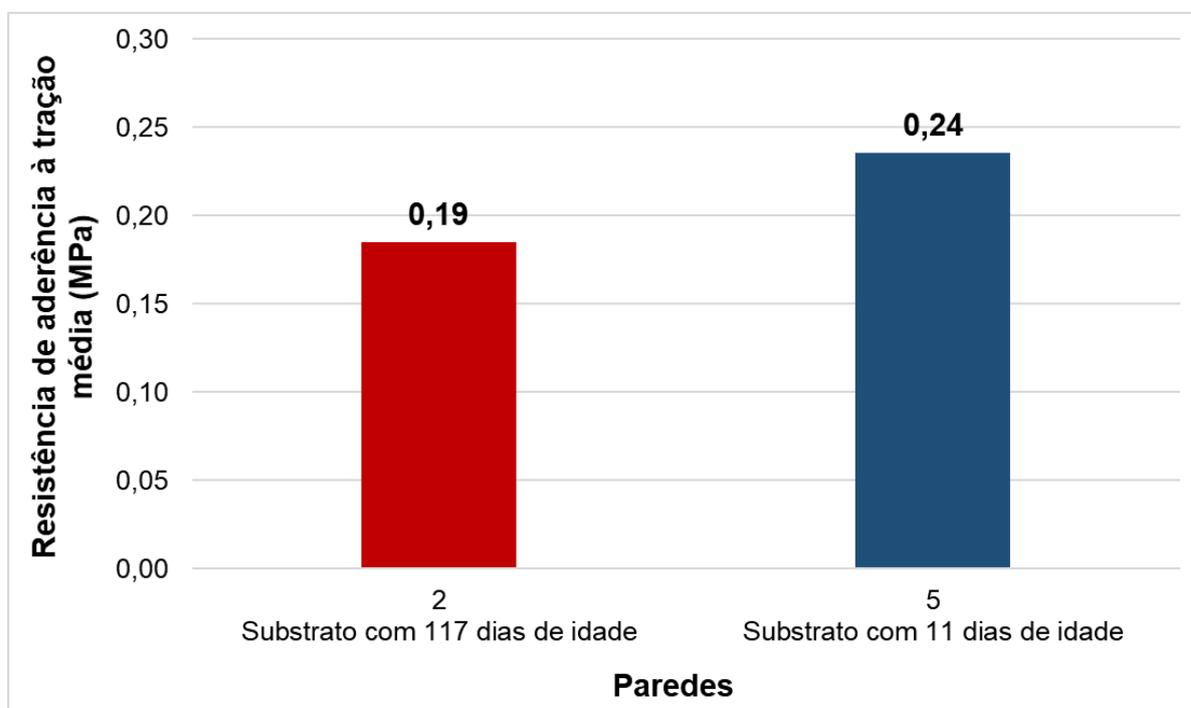
Fonte: Autor (2020).

Tabela 25 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco rolado

Resistência de aderência à tração					
Parede	Idade do substrato na aplicação da argamassa (dias)	Tratamento	Tensão de ruptura média (MPa)	Desvio padrão (MPa)	Coefficiente de variação (%)
2	117	Chapisco	0,19	0,06	30,2
5	11	rolado	0,24	0,02	7,5

Fonte: Autor (2020).

Figura 43 - Resistência de aderência dos revestimentos com chapisco rolado



Fonte: Autor (2020).

Comparando os resultados dos revestimentos das paredes, nota-se que o revestimento da parede construída com o concreto B (parede 5 com 11 dias de idade na aplicação da argamassa) apresentou um valor 26,3% maior que da parede feita com o concreto A (parede 2 com 117 dias de idade na aplicação da argamassa). Além disso, pode-se observar um coeficiente de variação menor para os valores da parede executada com o concreto B (parede 5), concedendo um maior nível de confiabilidade aos resultados.

Um fator que pode ter influenciado esta diferença pode ser observado na absorção de água pelos concretos. Embora o concreto com maior grau de hidratação (A) tenha apresentado uma maior absorção por capilaridade, foi o concreto mais jovem (B) que expôs uma maior absorção superficial e absorção total.

Cappelari *et al.* (2020) e Cincotto, Silva e Cascudo (1995) apontam que um dos fatores que mais possuem influência sobre a aderência de uma argamassa é a capacidade de absorção do substrato, uma vez que esta propriedade sinaliza a facilidade com que um fluido consegue permear em um elemento. Aliado a isso, Bélair (2005) defende que a adesão mecânica de um revestimento depende do grau de penetração da argamassa nos poros do substrato. Segundo Silva, Flores-Colen e Gaspar (2012), o fluido e os finos da argamassa precisam penetrar nos poros da base para que exista o travamento mecânico do revestimento por meio da cristalização dos produtos de hidratação da argamassa.

Outro ponto que pode ter influenciado nesta diferença de resistência encontrado nos revestimentos das paredes com uso de chapisco rolado é a resistência do concreto. Sabe-se que concretos com maior resistência apresentam uma menor permeabilidade, dificultando a absorção da água da argamassa pelo substrato. Stolz (2011) identificou que quanto maior a resistência à compressão do concreto, menor será a aderência de um revestimento pela relação inversa destas duas propriedades. Ainda, Cappelari *et al.* (2020) identificaram que concretos mais resistentes à compressão além de apresentarem menor porosidade, também proporcionam a argamassa uma menor capacidade de molhabilidade.

Desta forma, para análise da influência da idade do substrato na resistência de aderência de um revestimento, os resultados foram avaliados pelo método de variância ANOVA, com nível de confiança de 95%. Assim, os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 26. Como pode ser observado, a idade do substrato no momento da aplicação do revestimento apresentou diferença significativa nos valores de aderência. Esta conclusão vem ao encontro do que afirmam os autores Mehta e Monteiro (2008) e Neville (1997), de que concretos mais jovens tendem a apresentar maiores índices de permeabilidade, menor resistência e, por consequência, maiores valores de resistência de aderência a um revestimento argamassado.

Tabela 26 - Análise de variância para a resistência de aderência à tração

Análise de variância ANOVA						
Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	Valor P	Efeito significativo
Entre grupos	0,0748025	1	0,0748025	11,83	0,002928	Sim
Dentro dos grupos	0,113853	18	0,00632514			
Total	0,188655	19				

SQ = Soma dos quadrados; GL = Grau de liberdade; MQ = Média Quadrada

Fonte: Autor (2020).

Quanto as formas de ruptura, a Figura 44 mostra os testemunhos das paredes com de chapisco rolado no sistema. A ruptura no ensaio aconteceu predominantemente na interface do chapisco com a argamassa, evidenciando uma boa aderência entre o chapisco rolado e o substrato. A boa aderência entre a base e o chapisco rolado pode ser indicada pela superior resistência mecânica do chapisco e pela forma de cobertura do material. Gasperin (2011) menciona que por ser um método de tratamento superficial fechado, o chapisco rolado além de aumentar a rugosidade da superfície, também concede ao substrato uma maior homogeneidade de absorção, garantindo uma aderência mais efetiva entre os elementos de um revestimento.

Figura 44 - Testemunhos (a) Parede 2, (b) Parede 5



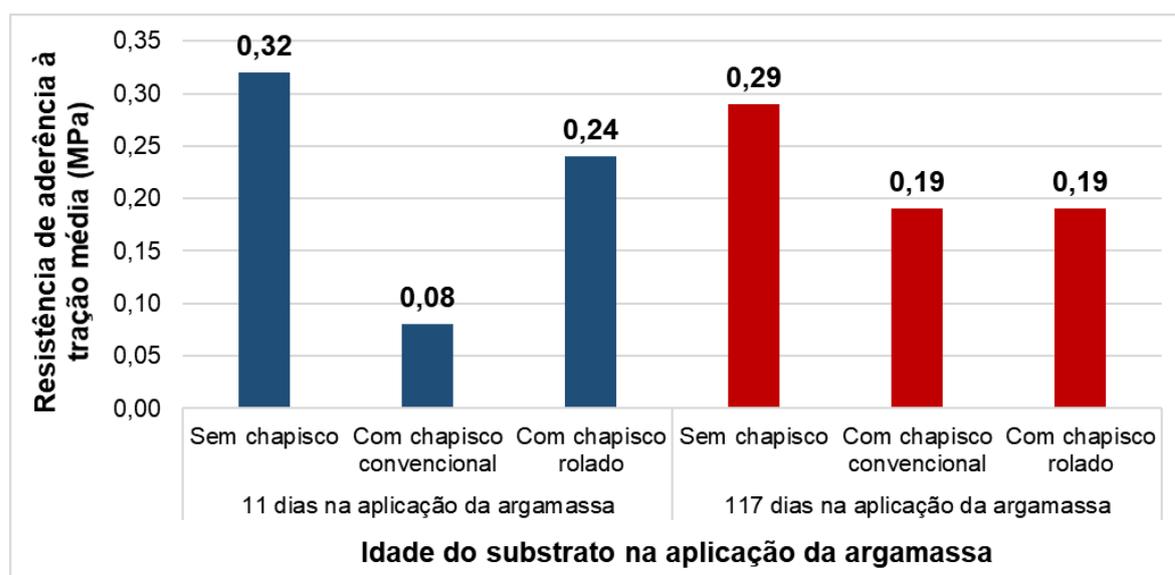
Fonte: Autor (2020).

Diante dos resultados encontrados se faz necessária a análise dos mesmos quanto ao atendimento a NBR 13749 (ABNT, 2013). A norma estabelece valores mínimos de resistência de aderência à tração para revestimentos argamassados. Assim, para revestimentos internos a resistência de aderência à tração deve ser superior a 0,2 MPa e para revestimentos externos superior a 0,3 MPa. Deste modo, é possível concluir que o sistema de revestimento proposto para a parede construída com o concreto A (parede 2 com 117 dias de idade na aplicação da argamassa) não atende aos critérios da norma. Por outro lado, o resultado encontrado para o revestimento da parede executada com o concreto B (parede 5 com 11 dias de idade na aplicação da argamassa) atende requisito para uso em revestimento interno.

#### 4.2.4 Comparação entre os sistemas de revestimento

Ainda que os resultados encontrados para os sistemas de revestimento sem tratamento superficial e com uso de chapisco convencional sejam inconclusivos devido a baixa amostragem, cabe uma análise global dos valores obtidos nesta pesquisa. Diante disso, a Figura 45 apresenta um gráfico com as resistências de aderência à tração média de cada sistema proposto.

Figura 45 - Resistência de aderência dos sistemas de revestimento propostos



Fonte: Autor (2020).

Quanto a influência das propriedades do substrato na aderência, pode-se observar nos sistemas sem tratamento superficial e com uso de chapisco rolado o

revestimento aplicado sobre a base de concreto com menor resistência à compressão e maior absorção superficial e total apresentou maiores valores de resistência de aderência. Já para o sistema com chapisco convencional, o resultado foi inverso.

Ademais, sem levar em consideração o número de amostras, foram os sistemas sem tratamento de superfície que resultaram em maiores valores de resistência, mesmo que de forma pontual. Em sequência, aparecem os sistemas com uso de chapisco rolado e por último os sistemas com tratamento de superfície por meio de chapisco convencional.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho abordou a capacidade de um revestimento argamassado ser solução para o problema estético causado pela falta de prumo ou desvio de geometria de estruturas obtidas pelo método construtivo paredes de concreto. Dentre outros fatores, uma vez que as estruturas resultantes deste sistema apresentam baixa rugosidade superficial e reduzida permeabilidade, a aderência de um revestimento poderia estar comprometida. Desta forma, as variáveis analisadas foram diferentes tipos de tratamento superficial (sem tratamento de superfície, tratamento com chapisco convencional 1:3 e tratamento com chapisco rolado) e duas idades distintas do substrato no momento da execução da argamassa de revestimento (11 e 117 dias).

Com a metodologia proposta, foi identificado que os sistemas de revestimento que não receberam tratamento superficial e os sistemas com uso de chapisco convencional como tratamento de superfície apresentaram resultados insatisfatórios. Dos quarenta e oito corpos de prova determinados para ensaio de resistência de aderência destes sistemas, apenas oito amostras mantiveram-se unidas aos substratos após o corte dos testemunhos ou acoplagem do equipamento de tração. Deste modo, pela baixa amostragem e pela evidente deficiência de desempenho, os resultados obtidos para estes sistemas foram considerados pouco confiáveis.

Por outro lado, mesmo que de forma discreta, melhores resultados de aderência foram encontrados nos sistemas onde foi feito uso de chapisco rolado para tratamento superficial. Desta forma, os substratos com uso deste tratamento de superfície e menor idade na aplicação da argamassa (11 dias) atingiram critério de norma para uso em revestimentos internos. Entretanto, as paredes com mesmo sistema de revestimento e maior idade na aplicação da argamassa (117 dias) apresentaram resultados inferiores, não atendendo requisito de norma, tanto para revestimentos externos quanto internos.

Diante disso, quanto a influência das propriedades do concreto, ficou evidente que maiores valores de absorção resultam em melhor desempenho de aderência do revestimento. As paredes construídas com o concreto de maior absorção total e maior absorção superficial tiveram melhor aderência ao revestimento executado. Além disso, como a permeabilidade e resistência de um concreto são propriedades inversas, também pode-se observar uma aderência superior em substratos com

menor resistência mecânica. Também, como pode-se relacionar a resistência dos concretos ao seu grau de hidratação, substratos com menor tempo de cura e, por consequência, menor resistência e maior absorção, tendem a apresentar índices superiores de aderência ao revestimento argamassado aplicado.

Em relação aos tratamentos superficiais, pode-se concluir que sistemas com uso do tratamento superficial de maior resistência mecânica apresentaram melhor desempenho de resistência na aderência à tração do revestimento argamassado. Além disso, analisando a caracterização dos chapiscos foi possível identificar as vantagens da escolha por produtos com maior grau de industrialização, como a redução da variabilidade de comportamento.

Do mesmo modo, não se pode atribuir a deficiência de aderência dos sistemas propostos a argamassa industrializada utilizada, pois ao explorar sua caracterização e as formas de ruptura dos revestimentos, não se evidenciou tal conclusão. Contudo, para melhor análise da influência da argamassa, seria necessário a utilização de mais de um tipo, tornando possível uma comparação.

Assim, os objetivos propostos foram alcançados, pois foi analisada a possibilidade do uso de revestimento argamassado para enchimento de estruturas executadas pelo método construtivo paredes de concreto que apresentam desvio de prumo ou geometria. Ainda, com a metodologia foi identificada a influência do tipo de tratamento superficial utilizado e da idade do substrato na resistência de aderência de um revestimento. Deste modo, dentre os sistemas analisados, o mais indicado para uso em substratos construídos com o concreto proposto de resistência à compressão de 25 MPa é o sistema com emprego de chapisco industrializado rolado como tratamento de superfície, desde que para revestimento interno.

Diante disso, pode-se afirmar que a hipótese levantada para a pesquisa é em parte verdadeira, pois os resultados encontrados para a resistência de aderência à tração de revestimento aplicado em paredes de concreto sem uso de tratamento superficial apresentaram-se insatisfatórios. Contudo, a aplicação de um tratamento de superfície por si só não garante bom desempenho nesta propriedade. Desta forma, fica evidente que se deve analisar o tipo de tratamento adequado para que a resistência de aderência resultante de um revestimento argamassado aplicado sobre paredes de concreto seja aceitável. Isto ganha ainda mais importância se considerados os possíveis prejuízos materiais e danos a integridade física dos

usuários de um empreendimento que deficiências de aderência de um revestimento podem causar.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas questões surgiram com o andamento da pesquisa, ficando como sugestões para futuros trabalhos, dentre elas:

- a) comparar o desempenho das diferentes formas de execução de chapisco na aderência de sistemas de revestimentos a substratos construídos pelo sistema paredes de concreto;
- b) analisar a influência de tratamentos superficiais mais agressivos como apicoamento e lixamento na aderência de um revestimento em substratos obtidos pelo método construtivo paredes de concreto;
- c) avaliar a aderência de revestimentos em paredes de concreto com uso de outros tipos de argamassa de revestimento;
- d) analisar a aderência de um revestimento a substratos construídos pelo sistema paredes de concreto com diferentes índices de absorção e resistência.

## REFERÊNCIAS

ABBATE, Vinicius. **Desmoldante**: um para tipo de fôrma. Revista Techne, v. 70, 2003.

ANTUNES, Rubiane Paz do Nascimento. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. 2005. 247 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ASSALI, Mirella Pennachi. **Emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem do concreto para recebimento do revestimento argamassado**. 2012. 97 f. Dissertação (Pós Graduação) - Curso de Engenharia de Construção Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de provas cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

\_\_\_\_\_. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

\_\_\_\_\_. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 8953**: Concreto para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

\_\_\_\_\_. **NBR 9776**: Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco de Chapman – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

\_\_\_\_\_. **NBR 9778**: Argamassa e concretos endurecidos – Determinação de absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR 9779**: Argamassa e concretos endurecidos – Determinação de absorção de água por capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 11579**: Cimento Portland – Determinação do índice de finura por meio de peneira 75 µm (nº 200). Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

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

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

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13279**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13280**: Argamassa para assentamento e revestimento de pisos e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de pisos e tetos – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 13528**: Revestimentos 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 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de pisos e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e coeficiente de capilaridade. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 16055**: Paredes de concreto moldadas no local. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 23**: Cimento Portland e outros materiais em pó – Determinação da massa específica. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 67**: Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

BACKLANDT, Alexandra. **Etude des mecanismes d'adhesion a l'interface resine / ciment en vue de la reparation des ouvrages de genie civil**. 2005. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Génie Des Matériaux, L'institut National Des Sciences Appliquées de Lyon, 2005.

BAUER, Elton et al. **Requisitos das argamassas estabilizadas para revestimento**. In: Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 6, 2015, Porto Alegre.  
BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2000. 2 v.

BÉLAIR, Normand Jr.. **Contribution à la mise au point d'une procédure de caractérisation quantitative des surfaces en béton en vue de travaux de réfection**. 2005. 199 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Génie Civil, Faculté des Sciences et Génies, Université Laval, Québec, 2005.

CAPPELARI, Emili *et al.* Influência da resistência à compressão na molhabilidade superficial de concretos. **Revista Materia**, Rio de Janeiro, v. 25, n. 1, jan. 2020.

CARASEK, Helena. Argamassas. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010. p. 893-941.

CARASEK, Helena; CASCUDO, Oswaldo; JUCÁ, Tatiana Renata. **Descolamento de revestimentos de argamassa Aplicados sobre Estruturas de Concreto**: estudos de casos brasileiros. Florianópolis: IV Simpósio Brasileiro de Tecnologias das Argamassas, 2005.

CASTRO, Alessandra Lorenzetti de. **Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho**. 2007. 334 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

CINCOTTO, Maria Alba; SILVA, Maria Angélica Covelo; CASCUDO, Helena Carasek. **Argamassas de revestimento**: Características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

**COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. A comunidade**. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/comunidade-construcao/conhecacomunidade.html>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

CORSINI, Rodnei. **Paredes normatizadas**. Revista Techne, v. 183, 2011.

DIAS, Leticia Almeida; CARASEK, Helena. **Avaliação da permeabilidade e da absorção de água de revestimentos de argamassa pelo método do cachimbo**. São Paulo: V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, 2003.

DORNELLES, Claiton. Retomada mais intensa da construção civil é aguardada para ano que vem. **Jornal do Comércio**. Porto Alegre, p. 1-2. out. 2019. Disponível em: <[https://www.jornaldocomercio.com/\\_conteudo/especiais/construcao\\_civil\\_2019/2019/10/707121-retomada-mais-intensa-da-construcao-civil-e-aguardada-para-ano-que-vem.html](https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/especiais/construcao_civil_2019/2019/10/707121-retomada-mais-intensa-da-construcao-civil-e-aguardada-para-ano-que-vem.html)>. Acesso em: 01 nov. 2019.

DO Ó, Sávio Wanderley. **Análise de retenção de água em argamassas de revestimento aditivadas**. 2004. 196 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

FIORITO, Antônio J.. **Manual de argamassas e revestimentos**: Estudos e procedimentos de execução. São Paulo: Pini, 2009.

GASPERIN, Josiane. **Aderência de revestimentos de argamassa em substrato de concreto**: influência da forma de aplicação e composição do chapisco. 2011. 194 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GONÇALVES, Sérgio Ricardo de Castro. **Variabilidade e fatores de dispersão da resistência de aderência nos revestimentos de argamassa**: estudo de caso. 2004. 167 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

HELENE, Paulo; ANDRADE, Tibério. Concreto de cimento Portland. In: . **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2010. Cap. 29, p. 38.

HOFFMANN, Anelise Todeschini. **Influência da adição de sílica ativa, relação água/aglomerante, temperatura e tempo de cura no coeficiente de difusão de cloretos em concreto**. 2001. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

IOPPI, Paulo Roberto. **Estudo da aderência de argamassas de revestimento em substrato de concreto**. 1995. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

JANTSH, Ana Cláudia Akele. **Análise do desempenho de argamassas estabilizadas submetidas a tratamento superficial com aditivos cristalizantes**. 2015. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

KAZMIERCZAK, Claudio de Souza; BREZEZINSKI, Débora Elisiane; COLLATTO, Décio. **Influência das características da base na resistência de aderência à tração e na distribuição de poros de uma argamassa**. Estudos Tecnológicos, São Leopoldo, v. 1, n. 3, p.47-58, jun. 2007.

LIMA, José Roberto Pereira de; COSTA, Cláudio Pires. Três sistemas construtivos em empreendimento residencial econômico. **Concreto e Construções**: Sistema construtivos paredes de concreto, alvenaria estrutural e pré-fabricados de concreto, São Paulo, v. 90, p.21-25, abr. 2018.

MACEDO, Deyse et al. **Influência do tempo entre a aplicação do chapisco rolado e a execução do revestimento de argamassa na aderência do sistema**. Recife: VII Simpósio Brasileiro de Tecnologias das Argamassas, 2007.

MACEDO, José Vitor da Silva et al. **Manifestações patológicas e falhas construtivas em paredes de concreto**. Pernambuco: VI Conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios, 2018.

**MANUAL DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA**. São Paulo, Associação Brasileira do Cimento Portland, 2002.

MEHTA, P. Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M.. **Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Como construir: paredes de concreto**. *Téchne*, São Paulo, v. 17, n. 147, p.74-80, jun. 2009.

MONGE, Rubens; MAYOR, Arcindo Vaquero y; SILVA, João Batista R.. A construção de um sistema de sucesso. **Concreto e Construções**, São Paulo, v. 90, p.42-46, jul. 2018.

MOURA, Cristiane Borges. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substrato de concreto**: influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco. 2007. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

NEVILLE, A. M.. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: Pini, 1997.

PAES, Isaura Nasaré Lobato. **Avaliação do transporte de água em revestimentos de argamassa nos momentos iniciais pós-aplicação**. 2004. 265 f. Tese (Doutorado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

PEREIRA, Valéria Gomes Álvares. **Avaliação do coeficiente de difusão de cloretos em concretos**: influência do tipo de cimento, da relação a/c, da temperatura e do tempo de cura. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PRETTO, Márcia Elisa Jacondino. **Influência da rugosidade gerada pelo tratamento superficial do substrato de concreto na aderência do revestimento de argamassa**. 2007. 273 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

RECENA, Fernando Antonio Piazza. **Conhecendo argamassa**. Porto Alegre: Edipucrs, 2012.

RUDUIT, Felipe Regert. **Contribuição ao estudo da aderência de revestimentos de argamassa e chapiscos em substratos de concreto**. 2009. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SACHT, Helenice Maria. **Painéis de vedação de concreto moldados in loco**: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos. 2008. 286 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.

SANDOVAL, Gabriella. Revista Exame. **Venda de imóveis cresce 58% e registra melhor resultado desde 2014**. 2019. Disponível em: <https://exame.com/mercado-imobiliario/venda-de-imoveis-cresce-58/>. Acesso em: 01 nov. 2020.

SANTOS, Carla Cristina Nascimento. **Crêterios de projetabilidade para as argamassas industrializadas de revestimento utilizando bomba de argamassa com eixo helicoidal**. 2003. 159 f. Disserta o (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SILVA, Cristina Matos; FLORES-COLEN, In s; GASPAR, Sara. Numerical analysis of renders' adhesion using an interface model. **Construction And Building Materials**, Lisboa, v. 2013, n. 38, p.292-305, 2012.

STOLZ, Carina Mariane. **Influência da intera o entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substratos na aderência de argamassas de revestimentos**. 2011. 213 f. Disserta o (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

VAZ, Fernando Henrique de Brito; CARASEK, Helena. Resistência de aderência de revestimentos de argamassa - contribui o por meio de mapeamento e revisão sistemática de literatura para futuras pesquisas no tema. **Cer mica**, São Paulo, v. 65, n. 374, p. 303-318, junho, 2019.

WANDERLEY, Ed; BARROS, Lorena. **Déficit habitacional atinge maior marca em 10 anos**. 2019. Disponível em: <https://ultimosegundo.ig.com.br/brasil/2019-08-31/deficit-habitacional-atinge-maior-marca-em-10-anos-solucao-pode-vir-da-academia.html>. Acesso em: 01 nov. 2020.

WEIMER, Bianca Funk; THOMAS, Mauricio; DRESCH, Fernanda. **Patologia das Estruturas**. Porto Alegre: Sagah, 2018.

## APÊNDICE A – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DOS CHAPISCOS

<b>Resistência à tração na flexão dos chapiscos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Resistência à tração na flexão (MPa)</b>
Convencional	1,64
	1,64
	1,52
Rolado	3,65
	3,60
	4,17*

\*Valores desconsiderados por critério de tratamento de dados da norma.

Fonte: Autor (2020).

<b>Resistência à compressão dos chapiscos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
Convencional	2,67
	2,94
	3,17
	4,47*
	3,13
	3,86*
Rolado	11,32
	10,60*
	10,28*
	11,68
	13,56*
	11,50

\*Valores desconsiderados por critério de tratamento de dados da norma.

Fonte: Autor (2020)

## APÊNDICE B – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

Massas da argamassa no ensaio de absorção capilar			
CP	Massa inicial (g)	Massa 10 min (g)	Massa 90 min (g)
1	435,72	436,98	439,98
2	427,35	428,90	432,41
3	429,04	430,55	433,59

Fonte: Autor (2020).

Ensaio de absorção capilar da argamassa			
CP	Absorção capilar 10 min (g/cm <sup>2</sup> )	Absorção capilar 90 min (g/cm <sup>2</sup> )	Coefficiente de capilaridade (g/cm <sup>2</sup> .m <sup>1/2</sup> )
1	0,079	0,27	3,00
2	0,097	0,32	3,51
3	0,094	0,28	3,04

Fonte: Autor (2020).

Densidade de massa no estado endurecido da argamassa					
CP	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)	Massa (g)	Densidade de massa (g/cm <sup>3</sup> )
1	160,7	40,5	40,6	435,72	1,65
2	160,3	40,1	40,1	427,35	1,66
3	160,3	40,2	40,7	429,04	1,63

Fonte: Autor (2020).

Índice de consistência da argamassa	
Aferição	Índice de consistência (mm)
1	225
2	230
3	230

Fonte: Autor (2020).

<b>Resistência à tração na flexão da argamassa</b>	
<b>CP</b>	<b>Resistência à tração na flexão (MPa)</b>
1	1,85
2	2,2
3	1,97

Fonte: Autor (2020).

<b>Resistência à compressão da argamassa</b>	
<b>CP</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
1	5,93
2	6,10
3	6,02
4	5,37*
5	6,45
6	6,33

\*Valores desconsiderados por critério de tratamento de dados da norma.

Fonte: Autor (2020).

### APÊNDICE C – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO

<b>Massas do concreto A no ensaio de absorção capilar</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa 3 h (g)</b>	<b>Massa 24 h (g)</b>	<b>Massa 48 h (g)</b>
A	3351,2	3375,6	3438,9	3462,2
B	3367,4	3393,3	3462,6	3485,7
C	3291,2	3315,2	3376,0	3399,5

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção por capilaridade do concreto A</b>			
<b>CP</b>	<b>Absorção por capilaridade 3 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 24 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 48 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>
A	0,31	1,13	1,42
B	0,32	1,19	1,48
C	0,30	1,07	1,37

Fonte: Autor (2020).

<b>Massas do concreto B no ensaio de absorção capilar</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa 3 h (g)</b>	<b>Massa 24 h (g)</b>	<b>Massa 48 h (g)</b>
A	3362,0	3364,7	3381,8	3390,4
B	3297,2	3313,3	3389,0	3418,7
C	3355,5	3358,5	3371,9	3378,1

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção por capilaridade do concreto B</b>			
<b>CP</b>	<b>Absorção por capilaridade 3 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 24 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Absorção por capilaridade 48 h (g/cm<sup>2</sup>)</b>
A	0,03	0,25	0,36
B	0,20	1,14	1,51
C	0,04	0,21	0,28

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção superficial do concreto A</b>		
<b>Tempo (min)</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>
5	0,30	0,25
10	0,30	0,30
15	0,30	0,30

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção superficial do concreto B</b>		
<b>Tempo (min)</b>	<b>Ponto 1</b>	<b>Ponto 2</b>
5	0,35	0,50
10	0,40	0,70
15	0,45	0,80

Fonte: Autor (2020).

<b>Massas do concreto A no ensaio de absorção total</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa 24 h (g)</b>	<b>Massa 48 h (g)</b>	<b>Massa 72 h (g)</b>
A	3335,2	3599,9	3603,7	3605,9
B	3290,4	3545,1	3547,5	3549,6
C	3322,4	3561,8	3563,8	3566,0

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção total do concreto A</b>			
<b>CP</b>	<b>Absorção 24 h (%)</b>	<b>Absorção 48 h (%)</b>	<b>Absorção 72 h (%)</b>
A	7,94	8,05	8,12
B	7,74	7,81	7,88
C	7,21	7,27	7,33

Fonte: Autor (2020).

<b>Massas do concreto B no ensaio de absorção total</b>				
<b>CP</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa 24 h (g)</b>	<b>Massa 48 h (g)</b>	<b>Massa 72 h (g)</b>
A	3311,9	3591,3	3594,5	3596,8
B	3340,4	3630,6	3634,2	3637,1
C	3309,0	3581,2	3584,1	3586,8

Fonte: Autor (2020).

<b>Absorção total do concreto B</b>			
<b>CP</b>	<b>Absorção 24 h (%)</b>	<b>Absorção 48 h (%)</b>	<b>Absorção 72 h (%)</b>
A	8,44	8,53	8,60
B	8,69	8,80	8,88
C	8,23	8,31	8,40

Fonte: Autor (2020).

<b>Resistência à compressão do concreto A</b>	
<b>Idade (dias)</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
71	39,4
	42,5

Fonte: Autor (2020).

<b>Resistência à compressão do concreto B</b>	
<b>Idade (dias)</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
7	21,5
	26,6
28	28,2
	23,4

Fonte: Autor (2020).

## APÊNDICE D – DADOS DA CARACTERIZAÇÃO DO REVESTIMENTO

(continua)

Resistência de aderência à tração do revestimento											
Parede	Corpo de prova					Carga de Ruptura (N)	Tensão Ra (MPa)	Forma de ruptura (%)			
	n°	d1 (mm)	d2 (mm)	dm (mm)	A (mm <sup>2</sup> )			Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg
1	1	55,4	55,4	55,4	2411	950	0,39	100			
	2	55,3	55,6	55,5	2416	450	0,19	100			
2	1	55,4	55,4	55,4	2413	550	0,23		1	99	
	2	55,5	55,5	55,5	2418	420	0,17		2	98	
	3	55,5	55,4	55,5	2416	220	0,09*		2	98	
	4	55,5	55,6	55,5	2422	610	0,25*		1	99	
	5	55,6	55,4	55,5	2417	590	0,24		1	99	
	6	55,3	55,6	55,5	2416	650	0,27*		3	97	
	7	55,2	55,2	55,2	2394	200	0,08*		1	99	
	8	55,5	55,5	55,5	2419	220	0,09*		2	98	
	9	55,4	55,4	55,4	2408	240	0,10		2	98	
3	1	55,5	55,7	55,6	2426	530	0,22	100			
	2	55,6	55,3	55,4	2413	400	0,17	90		10	
	3	55,4	55,4	55,4	2412	240	0,10*	100			
4	1	55,3	55,4	55,4	2409	1120	0,46	100			
	2	56,0	55,4	55,7	2438	450	0,18	100			
5	1	55,3	55,7	55,5	2419	930	0,38*		1	99	
	2	55,7	55,5	55,6	2431	570	0,23			100	
	3	55,5	55,5	55,5	2421	980	0,40*		3	97	
	4	55,7	55,5	55,6	2423	630	0,26		1	99	
	5	55,2	55,3	55,2	2393	600	0,25		1	99	
	6	55,4	55,6	55,5	2417	930	0,38*		1	99	
	7	55,5	55,7	55,6	2428	590	0,24		1	99	

(conclusão)

	8	55,7	55,4	55,6	2423	970	0,40*		2	98
	9	55,5	55,6	55,5	2421	560	0,23		2	98
	10	55,5	55,4	55,5	2414	590	0,24		1	99
	11	55,3	55,3	55,3	2400	470	0,20			100
6	1	54,9	55,3	55,1	2382	200	0,08	80		20

\*Valores desconsiderados por baixa amostragem ou por estarem distantes da média.

Fonte: Autor (2020).