

INFLUÊNCIA DO CHAPISCO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À  
TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS  
CERÂMICOS

**EUZÉBIO BERNABÉ ZANELATO**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

ABRIL - 2015

INFLUÊNCIA DO CHAPISCO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À  
TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS  
CERÂMICOS

**EUZÉBIO BERNABÉ ZANELATO**

Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Jonas Alexandre

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

ABRIL - 2015

# INFLUÊNCIA DO CHAPISCO NA RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS CERÂMICOS

**EUZÉBIO BERNABÉ ZANELATO**

Dissertação de mestrado apresentado ao Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a obtenção de título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovada em 13 de abril de 2015.

Comissão examinadora:

---

Prof. Gustavo de Castro Xavier (Doutor) - UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Crislene Rodrigues da Silva Morais (Doutora) - UFCG

---

Prof. Romeu e Silva Neto (Doutor) - IFF

---

Prof. Jonas Alexandre (Doutor) – UENF  
Orientador

## FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

33/2015

Zanelato, Euzébio Bemabé

Influência do chapisco na resistência de aderência à tração de revestimentos de argamassa em blocos cerâmicos / Euzébio Bemabé Zanelato. – Campos dos Goytacazes, 2015.

xiii, 114 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, 2015.

Orientador: Jonas Alexandre.

Área de concentração: Estruturas.

Bibliografia: f. 82-94.

1. ENGENHARIA CIVIL 2. ADERÊNCIA À TRAÇÃO 3. CHAPISCO 4. BLOCOS CERÂMICOS 5. ARGAMASSA I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil II. Título

CDD 691.5

# Índice

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
LISTA DE FIGURAS .....	xi
LISTA DE QUADROS.....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiii
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVOS.....	2
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 HISTÓRICO.....	3
2.2 ARGAMASSAS.....	3
2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA .....	4
2.3.1 Cimento Portland .....	4
2.3.2 Agregados .....	6
2.3.3 Cal hidratada .....	8
2.4 FUNÇÕES DA ARGAMASSA .....	11
2.4.1 Argamassas de assentamento de alvenaria.....	11
2.4.2 Argamassa de revestimento .....	12
2.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA .....	13
2.5.1 Trabalhabilidade .....	13
2.5.2 Resistência mecânica .....	15
2.5.3 Aderência .....	17
2.5.4 Retração .....	17
2.6. CLASSIFICAÇÃO DA ARGAMASSA.....	18
2.6.1 Emprego da argamassa .....	19
2.6.2 Tipo de aglomerante .....	19
2.6.3 Elementos ativos.....	20
2.6.4 Dosagem .....	20
2.6.5 Tipos especiais .....	21
2.7 CLASSIFICAÇÃO DO REVESTIMENTO .....	21
2.7.1 Emboço .....	22
2.7.2 Reboco .....	24
2.7.3 Massa única.....	24
2.7.4 Chapisco .....	24

2.8 DETALHES EXECUTIVOS DO REVESTIMENTO .....	25
2.8.1 Molhagem das paredes.....	25
2.8.2 Espessura das camadas.....	26
2.8.3 Preparo das superfícies.....	26
2.8.4 Tempo de cura de cada camada .....	27
2.9 SUBSTRATO .....	27
2.9.1 Microestrutura da interface substrato/argamassa.....	28
2.10 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS CERÂMICOS.....	29
2.10.1 Mecanismos de aderência .....	30
2.10.1.1 Adesão Inicial .....	30
2.10.1.2 Aderência .....	31
2.10.2 Influência das propriedades.....	33
2.10.2.1 Plasticidade, Consistência e Trabalhabilidade .....	33
2.10.2.2 Teor de ar Incorporado .....	33
2.10.2.3 Retenção de água.....	35
2.10.2.4 Resistência Mecânica – Compressão e Flexão.....	35
2.10.2.5 Absorção .....	36
3 PROGRAMA EXPERIMENTAL .....	37
3.1. DOSAGEM .....	37
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	37
3.2.1 Cimento Portland .....	38
3.2.2 Cal.....	38
3.2.3 Agregado miúdo.....	39
3.2.4 Água .....	39
3.3 ENSAIOS .....	40
3.3.1 Ensaio nos substratos .....	40
3.3.1.1 Determinação das características geométricas .....	40
3.3.1.2 Absorção de água dos blocos cerâmicos .....	41
3.3.2 Ensaio em argamassa no estado fresco .....	42
3.3.2.1 Consistência .....	42
3.3.2.2 Teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco.....	43
3.3.2.3 Retenção de água.....	46
3.3.3 Ensaio em argamassa no estado endurecido .....	47
3.3.3.1 Resistência à tração na flexão.....	48

3.3.3.2 Resistência à compressão axial.....	49
3.3.3.3 Absorção de água e índices de vazios.....	49
3.3.3.4 Densidade de massa aparente no estado endurecido .....	51
3.3.3.5 Coeficiente de capilaridade .....	52
3.3.4 Ensaio no revestimento .....	53
3.3.4.1 Execução das paredes.....	53
3.3.4.2 Resistência de aderência à tração.....	54
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	57
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	57
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO .....	58
4.2.1 Características geométricas dos blocos cerâmicos.....	58
4.2.1.1 Dimensões efetivas .....	58
4.2.1.2 Desvio em relação ao esquadro.....	59
4.2.1.3 Planeza das faces .....	59
4.2.1.4 Espessuras dos septos e das paredes externas.....	60
4.2.2 Absorção de água.....	61
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO .....	61
4.3.1 Índice de consistência .....	62
4.3.2 Teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco.....	62
4.3.3 Retenção de água.....	63
4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO.....	64
4.4.1 Resistência à tração na flexão.....	65
4.4.2 Resistência à compressão .....	65
4.4.3 Absorção de água e índice de vazios .....	66
4.4.4 Densidade de massa aparente .....	67
4.4.5 Coeficiente de Capilaridade .....	68
4.5 RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA.....	68
4.6 ENSAIO NOS REVESTIMENTOS.....	69
4.6.1 Execução das paredes.....	69
4.6.2 Resistência de aderência à tração.....	74
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	80
5.1 CONCLUSÃO.....	80
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	81
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	82

APÊNDICE A.....	96
RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS .....	96
APÊNDICE B.....	99
RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO.....	99
APÊNDICE C.....	103
RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO.....	103

## RESUMO

A construção civil é um dos pilares da economia brasileira, pois além da geração de empregos diretos, impulsiona um enorme contingente de indústrias produtoras de insumos. Entretanto, a construção civil ainda é um setor em que o desperdício de material chega a 90% em trabalhos com argamassa, segundo dados coletados pela Universidade Federal de Minas Gerais e outras 15 universidades em 12 estados. Neste contexto, o presente projeto tem como objetivo principal verificar a influência do chapisco na resistência de aderência à tração em paredes de blocos cerâmicos, cujos resultados indicaram a importância da execução do chapisco na obra. Para a realização dos ensaios foram construídas paredes com e sem aplicação de chapisco. Além disto, foram utilizados dois diferentes substratos, com superfície lisa e ranhurada. Os blocos cerâmicos utilizados no projeto foram provenientes de olarias do município de Campos dos Goytacazes. Para caracterização dos substratos foram realizados ensaios de absorção de água e determinação das características geométricas. Para confecção dos revestimentos em argamassa, foi utilizado o traço 1:1:6 (cimento:cal:areia seca) em massa, por ser um traço de uso recorrente em Campos dos Goytacazes. Foram também realizados ensaios de caracterização deste traço nos estados fresco e endurecido. Após a caracterização das argamassas, foram construídas paredes para a realização dos ensaios de resistência de aderência à tração para três diferentes tempos de cura (7, 14 e 28 dias). Por fim, estimou-se o quanto o chapisco influencia a resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassa para as duas ranhuras e os três tempos de cura adotados. Com os resultados obtidos, nos ensaios de resistência de aderência, pode-se concluir que o chapisco não aumenta a resistência de argamassas de alta retenção de água quando aplicados sobre substratos com baixa absorção de água, além disso, também foi observado que o chapisco provocou um considerável aumento de resistência da argamassa de alta retenção de água sobre um substrato com baixa absorção de água.

## ABSTRACT

The construction industry is one of the pillars of the Brazilian economy, as well as generating direct jobs, boosts a huge number of producers of raw materials industries. However, construction is still a sector in which the material waste reaches 90% when working with mortar, according to data collected by the Federal University of Minas Gerais and other 15 universities in 12 states. In this context, this project aims to investigate the influence of slurry mortar on tensile bond strength of ceramic block walls, the results indicated the importance of the implementation of slurry mortar in construction. For the tests, walls were built with and without application of slurry mortar. Furthermore, two different substrates were used, with smooth surface and grooved. The ceramic blocks used in the project came from ceramic industry in the city of Campos dos Goytacazes. To characterize the blocks were performed water absorption tests and determination of geometric features. For preparation of mortar renderings, were used the mix 1: 1: 6 (cement: lime: sand dry) in mass, being a recurrent use of trait in Campos dos Goytacazes. Characterization tests were also performed for this trait in the fresh and hardened states. After the characterization of the mortars walls were constructed for the realization of tensile bond strength tests for three different curing times (7, 14 and 28 days). Finally, we estimated how much the slurry mortar influences the adhesion tensile strength of mortar renderings for the two block surfaces and the three curing times adopted. With the results obtained in the tensile bond strength test, it can be concluded that the slurry mortar does not increase the resistance of mortars high with water retention when applied in substrates with low water absorption, in addition, it was also observed that slurry mortar caused a considerable increase strength in mortar with high retention of water in substrates with low water absorption.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Curvas granulométricas.....	8
Figura 2.2 - O ciclo de transformação da cal.....	10
Figura 2.3a - Interação Substrato – Argamassa (a) argamassa sem cal.....	10
Figura 2.3b - Interação Substrato – Argamassa (b) argamassa com cal.....	10
Figura 2.4a - Aplicação da argamassa de assentamento com (a) bisnaga.....	12
Figura 2.4b - Aplicação da argamassa de assentamento com (b) meia desempenadeira. ....	12
Figura 2.5a - Aplicação da argamassa de revestimento com (a) projeção.....	13
Figura 2.5b - Aplicação da argamassa de revestimento com (b) colher de pedreiro. ....	13
Figura 2.6 – Classificação das argamassas.....	18
Figura 2.7 - Resistência da argamassa em função do tipo de substrato.....	23
Figura 2.8 - Representação esquemática do mecanismo de aderência entre argamassa de cimento e cal e blocos cerâmicos.....	29
Figura 2.9 - Microscopia eletrônica de uma argamassa com alto teor de ar incorporado.....	34
Figura 3.1 – Ensaio de densidade real dos grãos do cimento pelo método de Le Chatelier.....	38
Figura 3.2 - Ensaio de densidade real dos grãos da cal pelo método de Le Chatelier.....	39
Figura 3.3 – Tipos de ruptura.....	56
Figura 4.1 – Granulometria do agregado miúdo.....	57
Figura 4.2 - Paredes para ensaio de resistência de aderência à tração.....	70
Figura 4.3 - Especificações de cada seção.....	70
Figura 4.4 - Execução do revestimento em massa única.....	71
Figura 4.5 - Delimitação dos corpos de prova com serra copo.....	71
Figura 4.6 - Colagem das pastilhas metálicas.....	72
Figura 4.7 – Ensaio de resistência à aderência à tração.....	72
Figura 4.8 – Ruptura na interface substrato/argamassa.....	73
Figura 4.9 – Ruptura na interface chapisco/argamassa.....	73
Figura 4.10 – Ruptura na argamassa.....	74
Figura 4.11 – Resistências de aderência à tração médias com 7 dias de cura.....	75
Figura 4.12 – Resistências de aderência à tração médias com 14 dias de cura.....	76
Figura 4.13 – Resistências de aderência à tração médias com 28 dias de cura.....	77
Figura 4.14 – Resultados da resistência de aderência à tração.....	79

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.....	7
Quadro 2.2 – Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.....	14
Quadro 3.1 – Coleta de dados para cada seção em parede sem chapisco.....	55
Quadro 3.2 – Coleta de dados para cada seção em parede com chapisco.....	55

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Tipos e constituição dos cimentos <i>Portland</i> normalizados no Brasil.....	5
Tabela 3.1 – Traços utilizados para cada camada.....	37
Tabela 3.2 – Ensaio realizado no substrato e respectivas normas.....	40
Tabela 3.3 – Ensaio realizado na argamassa no estado fresco e respectivas normas.....	42
Tabela 3.4 – Ensaio realizado na argamassa no estado endurecido e respectivas normas.....	48
Tabela 3.5 – Ensaio realizado no revestimento e respectivas normas.....	53
Tabela 4.1 – Massa específica dos materiais.....	57
Tabela 4.2 – Dimensões efetivas dos blocos cerâmicos.....	58
Tabela 4.3 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos cerâmicos.....	59
Tabela 4.4 – Planeza das Faces dos blocos cerâmicos.....	60
Tabela 4.5 – Espessura dos septos e das paredes externas dos blocos cerâmicos.....	60
Tabela 4.6 – Absorção de água dos blocos cerâmicos.....	61
Tabela 4.7 – Índice de consistência da argamassa.....	62
Tabela 4.8 – Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado da argamassa.....	63
Tabela 4.9 – Retenção de água da argamassa.....	64
Tabela 4.10 – Resistência à tração na flexão das argamassas.....	65
Tabela 4.11 – Resistência à compressão.....	66
Tabela 4.12 – Absorção de água e índice de vazios.....	66
Tabela 4.13 – Densidade de Massa aparente.....	67
Tabela 4.14 – Coeficiente de capilaridade.....	68
Tabela 4.15 – Resumo dos ensaios e classificação da argamassa.....	69
Tabela 4.16 – Resistência de Aderência à tração aos 7 Dias de cura.....	74
Tabela 4.17 – Resistência de Aderência à tração aos 14 Dias de cura.....	76
Tabela 4.18 – Resistência de Aderência à tração aos 28 Dias de cura.....	77

# 1 INTRODUÇÃO

A Construção civil no Brasil passa por um período de grandes avanços, o atual cenário brasileiro tem incentivado o mercado da construção civil a crescer, programas governamentais como o PAC, lançado em 2007, e o Minha Casa, Minha Vida, lançado em 2009, são alguns exemplos que vem contribuindo para esse crescimento.

Com o mercado imobiliário em expansão, as construtoras investem em novas técnicas que aperfeiçoem o sistema construtivo, tornando-o mais rentável sem a perda de qualidade. Neste contexto, a argamassa de revestimento ganha atenção especial dos pesquisadores por ser um dos produtos mais utilizados na construção civil, sendo encontrada em revestimento, assentamento e produto básico para outros fins. A busca pelo aperfeiçoamento começa pelo estudo das propriedades das argamassas de revestimento e de sua interação com o substrato (YOSHIDA e BARROS, 1995).

Algumas manifestações patológicas indesejadas são comumente encontradas nas construções. Dentre essas manifestações pode-se citar a insuficiência de aderência (descolamento), fissuras, manchas de umidade e retração. Das manifestações citadas, a insuficiência de aderência acompanhada da fissuração são as mais frequentes, como comprova estudo de Costa (2005) no levantamento feito na cidade de Porto Alegre, onde 67% das manifestações patológicas encontradas em construções são de descolamento e fissuração. Em outro estudo de casos feito na cidade de Brasília por Carasek *et al.* (2005), das nove obras estudadas, o descolamento do acabamento por fissuração no revestimento foi a principal manifestação.

Existem registros de ocorrência de problemas patológicos tanto a nível nacional como mundial. Um estudo feito na Escócia no período de 1973 e 1983, onde foram aplicados aproximadamente 20 milhões de metros quadrados de revestimento de argamassa, Murray (1973) comenta que o "Advisory Service of the Building Research Establishment Scottish Laboratory" atendeu um número bastante expressivo de reclamações, onde foi identificado que a maior parte dos

problemas era relacionada à falta de aderência na interface argamassa/alvenaria, tanto nos blocos de sílico-calcários, quanto nos blocos cerâmicos. Murray (1983) apontou que as mudanças nos métodos de aplicação, a mão de obra e a qualidade dos materiais foram as prováveis causas da incidência crescente de manifestações patológicas nos revestimentos daquele país.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é a comparação da resistência de aderência à tração em paredes com e sem aplicação de chapisco. Além disto, foram utilizados dois diferentes substratos, com superfície lisa e com ranhurada, para verificar a influência do chapisco em cada uma das superfícies.

Os objetivos específicos são:

- caracterização do substrato, onde foram realizados ensaios para determinação das características geométricas e ensaio de absorção de água dos blocos cerâmicos, conforme a NBR 15270-3 (ABNT, 2005).
- caracterização da argamassa nos estados fresco e endurecido.
- classificar a argamassa utilizada de acordo com os resultados obtidos e verificar se o traço escolhido se enquadra na norma, para ser utilizado como argamassa de revestimento externo .

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão apresenta estudos de todos os constituintes de um revestimento em argamassa. Os estudos foram realizados para a identificação das principais propriedades das argamassas e suas características, além de identificar os principais sistemas de revestimentos utilizados na construção civil, tendo como principal foco a resistência de aderência à tração. Além disso, também é objeto de estudo as propriedades do substrato relevantes que influenciam na resistência de aderência à tração.

### 2.1 HISTÓRICO

O primeiro emprego de argamassa como material construtivo foi registrado há cerca de 11.000 anos, em Israel, no sul da Galiléia. Em 1985, ao escavar uma estrada, foi encontrado um piso polido de 180m<sup>2</sup> composto por pedras e uma argamassa de cal e areia (European Mortar Industry Organization – EMO, 2006; Hellenic Cement Industry Association – HCIA, 2006). Já a segunda aparição mais antiga de que se tem notícia foi em 5.600 a.C., em uma laje de 25 centímetros de espessura, também composta por cal e areia, no pátio de uma vila no que hoje é Iugoslávia. A partir de então o uso da argamassa de cal e gesso foi disseminado pela Europa por egípcios, gregos, etruscos e romanos.

### 2.2 ARGAMASSAS

Para Sabbatini (1986), a argamassa pode ser conceituada como um material complexo, constituído essencialmente de materiais inertes de baixa granulometria (agregados miúdos) e de uma pasta com propriedades aglomerantes, composta por minerais e água (materiais ativos), podendo ainda ser composto por aditivos.

A NBR 13529 (ABNT, 2013) define a argamassa para revestimento como sendo uma mistura homogênea de agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s)

inorgânico(s) e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento.

## 2.3 MATERIAIS CONSTITUINTES DA ARGAMASSA

### 2.3.1 Cimento Portland

Os registros do primeiro emprego de cimento na história são bem antigos. Os egípcios utilizavam gesso impuro calcinado. Os romanos e gregos utilizavam calcário calcinado, e aprenderam a fazer uma mistura com areia, cal, pedra britada e água, originando assim o primeiro concreto da história. Como a argamassa apenas com cal não sofria endurecimento na presença de água, os romanos trituravam a cal adicionando cinzas vulcânicas ou telha de argila queimadas e moídas finamente, assim a mistura sofria endurecimento ao ser adicionado água, isto porque a sílica ativa e a alumina da cinza e das telhas se combinavam com o calcário e formar o que hoje se chama cimento pozolânico, devido ao nome da cidade de Pozzuoli, onde a cinza pozolânica foi encontrada pela primeira vez (NEVILLE, 1982).

Segundo Taylor (1967) *apud* Gonçalves (2006), um engenheiro chamado John Smeaton, no ano de 1756, procurava um aglomerante que endurecesse mesmo em presença de água, o que facilitaria a reconstrução de um farol na Inglaterra. Em seus experimentos, examinou que a mistura calcinada de calcário e argila tornava-se, depois de seca, tão resistente quanto as pedras utilizadas em construções. Porém apenas em 1824, o pedreiro Joseph Aspdin, patenteou a descoberta, batizando-a de cimento *Portland*, referência à *Portlandstone* – tipo de pedra arenosa utilizadas nas construções da época na região de Portland – Inglaterra. Na patente constava que o calcário era moído com argila, em meio aquoso, até se transformar em pó. A água era evaporada por exposição ao sol ou por irradiação de calor através de cano com vapor. Os blocos depois de seco eram calcinados em fornos e depois moídos bem finos.

A definição de cimento é um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, que é constituído basicamente de silicatos de cálcio hidratados.

Também deve ser adicionados uma ou mais formas de sulfato de cálcio como um produto de adição, em torno de 5%, na forma de gipsita ( $\text{CaSO}_4$ ), com a finalidade de inibir a pega instantânea do clínquer (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

Na atualidade, os cimentos são produzidos para diversas finalidades, apresentando diferentes características para cada tipo. Assim, é conveniente estudar a melhor opção para a aplicação baseando-se nas propriedades físicas ou químicas, como um endurecimento rápido, pequena velocidade de desprendimento de calor ou resistência aos sulfatos (NEVILLE, 1982).

A Tabela 2.1 apresenta os tipos de cimento *Portland* normalizados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os tipos de cimento apresentam diferentes proporções de material carbonático, clínquer, sulfato de cálcio e de adições, tais como pozolanas, escórias e calcário, que devem ser acrescentadas no processo de moagem. Podem diferir também em função de propriedades intrínsecas, como alta resistência inicial, cor, entre outros.

Tabela 2.1 – Tipos e constituição dos cimentos *Portland* normalizados no Brasil.

Tipo de cimento Portland	Sigla	Constituição				Norma ABNT
		Clínquer + gesso	Escória	Pozolana	Mat. Carbonáceo	
Comum	CP I	100%	-	0%	-	NBR 5732
	CP I – S	95% a 100%	-	1 a 5%	-	
Composto	CP II – E	56 a 94%	3 a 34%	0%	0 a 10%	NBR 11578
	CP II – Z	76 a 94%	0%	6 a 14%	0 a 10%	
	CP II – F	90 a 94%	0%	0%	6 a 10%	
Alto Forno	CP III	25 a 65%	35 a 70%	0%	0 a 5%	NBR 5735
Pozolânico	CP IV	50 a 85%	0%	15 a 50%	0 a 5%	NBR 5736
Alta Resistência Inicial	CP V - ARI	95 a 100%	0%	0%	0 a 5%	NBR 5733

Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2002).

### 2.3.2 Agregados

Segundo Bauer (2008b), o agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química irrelevante, constituído de misturas de partículas de diferentes faixas granulométricas. O termo “agregado” tem seu uso generalizado na tecnologia do concreto, outros ramos da construção o denominam conforme cada caso, pelo nome de: bica corrida, filer, pedra britada, entre outros.

Sua origem pode ser classificada como:

- Naturais: os que já se encontram em forma particulada na natureza, por exemplo, o cascalho e a areia.
- Industrializados: os que obtiveram sua composição particulada em processos industriais. Alguns exemplos de matéria prima que podem utilizadas são: rochas, argila e escória de alto forno.

A classificação mais importante dos agregados, conforme Petrucci (2005) é a que divide segundo sua granulometria, em agregados miúdos e agregados graúdos, devido o seu comportamento ser diferenciado para cada tipo.

A NBR 7211 (ABNT, 2009), conceitua o agregado graúdo como o material que passa pela peneira com abertura de malha de 75 mm e fica retido na peneira com abertura de malha de 4,75 mm. A norma também conceitua como agregado miúdo como o material que passa pela peneira de 4,75 mm e fica retido na peneira com abertura de malha de 150µm.

- Caracterização do agregado miúdo

A distribuição granulométrica da areia é uma importante propriedade dos agregados miúdos e influencia diretamente no desempenho em argamassas, interferindo na trabalhabilidade e no consumo de água e aglomerantes no estado fresco. Já no estado endurecido, exerce influência na rugosidade, resistência de aderência, permeabilidade e fissuração (ANGELIM *et al*, 2003).

Em geral, a areia é caracterizada pelo seu módulo de finura, especificações de faixas granulométricas ou selecionadas a partir de normas, as quais especificam

a granulometria dentro de certas faixas. Não existe um consenso entre os autores nacionais, pois o mesmo módulo de finura pode ter distintas curvas granulométricas. Pode ser utilizado também o coeficiente de uniformidade, que traduz uma continuidade na distribuição granulométrica da areia, a qual é definida como sendo a relação entre os diâmetros correspondentes à abertura da malha na qual passam 60% e 10% em massa de areia (CARNEIRO; CINCOTTO, 1999).

Pela norma NBR 7211 (ABNT, 2009), são ressaltados alguns limites estabelecidos no Quadro 2.1, em ensaio realizado de acordo com a ABNT NBR 248, com peneiras definidas pela ABNT NBR ISSO 3310-1.

Quadro 2.1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo.

Peneira com abertura de malha (ABNT NBR NM ISO 3310-1)	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona ótima	Zona utilizável
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

NOTA 1 O módulo de finura da zona ótima varia de 2,20 a 2,90  
 NOTA 2 O módulo de finura da zona utilizável inferior varia de 1,55 a 2,20  
 NOTA 3 O módulo de finura da zona utilizável superior varia de 2,90 a 3,50

Fonte: NBR 7211 (ABNT, 2009).

Segundo Farias e Palmeira (2007) as curvas granulométricas são importantes ferramentas para a análise granulométrica e assim interpretar os resultados com maior facilidade. As ordenadas representam as porcentagens acumuladas passantes e a abscissas mostra a abertura das peneiras (diâmetro dos

grãos) em escala logarítmica. Na Figura 2.1 se tem exemplos das curvas granulométricas.

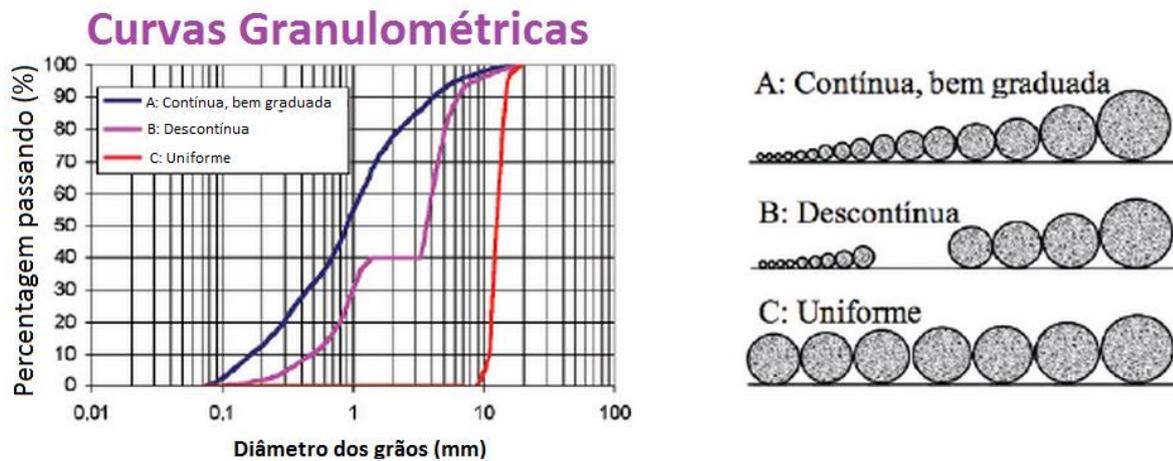


Figura 2.1 – Curvas granulométricas

Fonte: Farias e Palmeira (2007).

### 2.3.3 Cal hidratada

Segundo Cincotto *et al* (2007), a cal é com toda a certeza o aglomerante mais antigo utilizado pela humanidade. Foi o único aglomerante empregado em construções expostas às intempéries com a mistura ou não de pozolanas. A cal é um aglomerante aéreo e possui baixa resistência à exposição contínua de água, enquanto os cimentos são aglomerantes hidráulicos e se adaptam bem a obras hidráulicas.

Podemos classificar os aglomerantes como: quimicamente inertes, como o barro cru; e os quimicamente ativos, como a cal, o gesso, o cimento; estes podem ser tanto aéreos quanto hidráulicos e são resultados de tratamentos industriais de matérias-primas adequadamente processados. Os aglomerantes quimicamente ativos são os que mais interessam na construção civil, sendo divididos em compostos, simples, mistos e com adições (PETRUCCI, 1976).

Segundo a NBR 7175 (ABNT, 2003), a cal hidratada é um pó seco obtido pela hidratação adequada de cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido

de cálcio ou de uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido de magnésios, ou ainda, de uma mistura de hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

De acordo com Carasek *et al* (2001) as cales podem ser classificadas, segundo sua composição química em:

- Cálctica: teor de CaO  $\geq$  90% em relação aos óxidos totais;
- Magnesianas: 65% < CaO < 90%;
- Dolomítica: teor de CaO  $\leq$  65%.

A cal hidratada é produzida em usina, por processos mecânicos realizados em três etapas:

- a) A cal viva é moída ou pulverizada.
- b) Adiciona-se determinada quantidade de água no material moído.
- c) Após a hidratação, as impurezas e os resquícios não hidratados são eliminados por peneiramento, pelo ar ou por outro procedimento.

O processo produtivo da cal hidratada é iniciado com a calcinação, como observado na Figura 2.2, das rochas carbonáticas mineradas, os calcários e dolomitos, em óxidos (cal virgem) e anidrido carbônico. A temperatura de calcinação é de 900°C a 1100°C, consumindo uma quantidade de energia (Q) e liberando dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) presente no carbonato e também o resultante da oxidação do combustível (CINCOTTO *et al*, 2007).

Algumas vantagens podem ser apontadas no uso de cal hidratada em relação à cal virgem, por exemplo, a maior facilidade de manuseio por ser um produto pronto, o que elimina do canteiro de obras a operação de extinção e de envelhecimento, além da facilidade de transporte e armazenamento. Por ser um produto seco e pulverulento, fornece maior facilidade de mistura na confecção das argamassas em relação à pasta de cal produzida pela extinção da cal viva (BAUER, 2008a).

A adição de cal na argamassa de cimento provoca a diminuição da tensão superficial, o que contribui para a hidratação mais efetiva da superfície dos agregados e do substrato, como pode ser observado nas Figuras 2.3a e 2.3b. A redução da tensão superficial da pasta contribui para a “molhagem” do substrato, o que reduz o ângulo de contato entre as superfícies, promovendo a adesão (CASAREK, 1996).

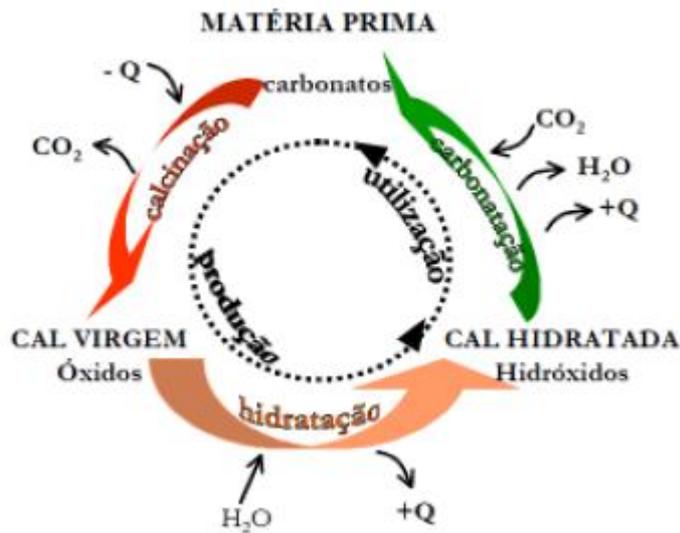
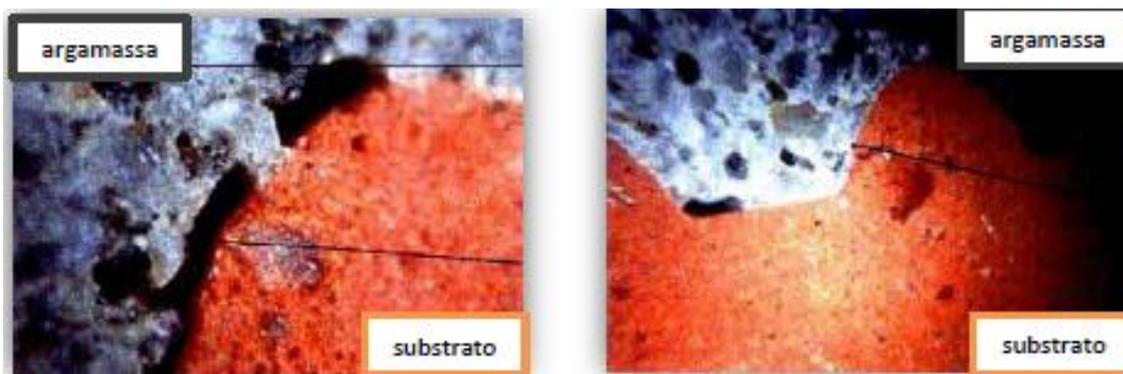


Figura 2.2 – O ciclo de transformação da cal

Fonte: Cincotto *et al* (2007).



(a)

(b)

Figura 2.3: Interação Substrato – Argamassa – (a) argamassa sem cal  
(b) argamassa com cal. (Ampliação 20x)

Fonte: Carasek (1996).

## 2.4 FUNÇÕES DA ARGAMASSA

Segundo Sabbatini (1984), os revestimentos de argamassas têm, em geral, as seguintes funções:

- Proteger as vedações e a estrutura contra a ação de agentes agressivos e assim, evita-se a degradação precoce das mesmas. Aumento da durabilidade e redução dos custos de manutenção dos edifícios.

- Auxiliar as vedações a cumprirem com suas funções, por exemplo: isolamento termo acústico, estanqueidade à água e aos gases e segurança ao fogo.

- Estéticas, para acabamento e aquelas que estão relacionadas com a valorização da construção ou determinação do padrão do edifício.

Carasek (2007) faz alusão às argamassas de assentamento de alvenaria e as argamassas de revestimento:

### 2.4.1 Argamassas de assentamento de alvenaria

Utilizadas para a elevação de muros e paredes de tijolos e blocos de alvenaria como visto na Figura 2.4. Suas principais funções são:

- Unir os elementos de alvenaria de modo a formar um elemento coeso, contribuindo na resistência a esforços horizontais;

- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede por toda a extensão dos blocos;

- Absorver deformações naturais, como a retração por secagem e as de origem térmica.

Propriedades importantes para uma argamassa de assentamento: resistência mecânica, aderência, capacidade de absorver deformações e trabalhabilidade.



(a)

(b)

Figura 2.4 – Aplicação da argamassa de assentamento com (a) bisnaga (b) meia desempenadeira.

Fonte: Carasek (2007).

#### 2.4.2 Argamassa de revestimento

A argamassa de revestimento, como o próprio nome sugere, é utilizada para revestir paredes, tetos e muros. Em geral, após a cura recebem acabamentos como pinturas, laminados, pedras e revestimentos cerâmicos.

O revestimento de argamassa pode ter em sua composição várias camadas que variam de acordo com a função exercida e a característica necessária. Podem-se citar os principais sendo:

- Proteger tanto a estrutura quanto a alvenaria contra ação intempéries caso seja aplicado em ambientes externos;

- Contribuir com o sistema de vedação dos edifícios, suas atribuições podem ser: estanqueidade à água (70% a 100%), isolamento térmico (aproximadamente 30%), isolamento acústico (aproximadamente 50%), resistência ao desgaste, segurança ao fogo e abalos superficiais;

- Regularização da superfície dos elementos de vedação e é utilizado como base para acabamentos decorativos.

Propriedades importantes para uma argamassa de revestimento: retração; permeabilidade à água; resistência mecânica e de abrasão; aderência; trabalhabilidade e capacidade de absorver deformações.

A Figura 2.5 ilustra duas diferentes técnicas de aplicação da argamassa.



(a)

(b)

Figura 2.5 – Aplicação da argamassa de revestimento com (a) projeção mecânica (b) colher de pedreiro.

Fonte: Carasek (2007).

## 2.5 PROPRIEDADES DA ARGAMASSA

### 2.5.1 Trabalhabilidade

Esta propriedade está principalmente relacionada com a consistência. Em termos práticos, pode-se dizer que a trabalhabilidade é a facilidade de manuseio de um material. Pode-se assim dizer que uma massa trabalhável distribui-se facilmente quando assentada, não apresenta segregação durante o transporte, não gruda nas ferramentas durante a aplicação, não endurece em contato com

superfícies absorptivas e permanece plástica o suficiente até o final de sua utilização (SABBATINI, 1984).

A Trabalhabilidade em uma argamassa de revestimento determinará a destreza com que elas podem ser misturadas, transportadas, aplicadas, consolidadas e acabadas, em condições homogêneas. Essa propriedade é complexa pelo fato de ser uma conjunção de diversas outras, como: consistência, plasticidade, retenção de água e consistência, coesão, exsudação, densidade de massa e adesão inicial, conforme Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Propriedades relacionadas com a trabalhabilidade das argamassas.

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

Fonte: Carasek (2007)

## 2.5.2 Resistência mecânica

Os revestimentos estão sujeitos durante sua vida útil a todo tipo de solicitação. A resistência mecânica da argamassa está mais ligada a sua capacidade de resistir à abrasão superficial, tração, impacto e cisalhamento do que sua resistência à compressão.

No entanto, utiliza-se a propriedade de resistência à compressão por ser de fácil avaliação e estar estatisticamente ligada com as demais propriedades do revestimento endurecido, assim essa propriedade é a que melhor representa a resistência mecânica das argamassas.

Segundo Selmo (1989) a resistência mecânica pode ser conceituada como “a propriedade dos revestimentos de possuírem um estado de consolidação interna capaz de suportar esforços mecânicos das mais diversas origens e que se traduzem, em geral, por tensões simultâneas de tração, compressão e cisalhamento”.

De acordo com Fiorotino (1994), os revestimentos estão sujeitos a diferentes solicitações, entre elas estão:

- Movimentação Volumétrica da base: Variação dimensional consequente da hidratação e da secagem, em geral, é a mais comum, pois ocorre por ação de agentes exteriores como temperatura e umidade (a natureza da base é determinada nesta solicitação).

- Movimentação do revestimento: Está relacionado com as condições climáticas, as variações de temperatura do ambiente provocam o fenômeno da contração e dilatação do revestimento. Como os suportes são normalmente rígidos, a solicitação tende a causar fissuras no revestimento.

- Deformação da base: Ocorre pela lenta deformação do concreto da estrutura e recalques da fundação.

- Retração do revestimento: O movimento de retração consequente da diminuição de volume devido à perda de água para a base provoca tensões internas no revestimento. Quando a resistência à tração é inferior às tensões

internas, surgem as fissuras. A retração também pode ocorrer após a secagem, pela variação do grau higroscópico do ambiente.

- Fatores que influenciam na resistência mecânica dos revestimentos e na sua evolução:

a) Consumo de cimento – O aumento do consumo de cimento proporciona melhores resistências à compressão, tração, cisalhamento e abrasão (Martinelli *et al*, 1991).

b) Segundo Cincotto *et al.* (1985) a resistência mecânica é melhorada com a adição de pequenos volumes de cal na argamassa e decresce com maiores volumes. Um volume intermediário de cal, entre 0,25 e 1 (em volume), além de aumentar a resistência a deformações, também confere à argamassa um ganho na aderência.

c) Relação água/cimento – Em geral, é o principal fator da resistência mecânica das argamassas. No entanto, deve haver cuidado na interpretação quando se trata de revestimento. Argamassas ricas em aglomerante precisam de um alto teor de água para aumentar sua plasticidade e conseqüentemente alcançar melhores valores de aderência. Já as argamassas de revestimento pobres, só um ponto ótimo na relação água/cimento provoca um aumento da resistência mecânica sem prejudicar a trabalhabilidade, otimizando assim a aderência.

No Brasil, as normas que regulamentam os ensaios de resistência mecânica são: NBR 13279:2005 para o ensaio de compressão axial e NBR 7222:2011 para o ensaio de tração por compressão diametral.

As argamassas compostas por cal têm baixa resistência, sua resistência aos vinte e oito normalmente varia entre 0,2 e 0,6 MPa, podendo-se usar como valor médio 0,4MPa (PETRUCCI, 1980).

### **2.5.3 Aderência**

A resistência às tensões normais e tangenciais que atuam na interface do revestimento/substrato é denominada aderência. A aderência é considerada essencialmente mecânica, já que ocorre pela ancoragem da argamassa nas saliências macroscópicas da superfície e também da ancoragem da pasta aglomerante nos poros do substrato. A penetração ocorre através de tensão capilar, quanto menor o poro, maior será a tensão capilar.

Segundo Selmo (1989) “se a resistência ao cisalhamento é baixa, aumenta o espaçamento entre as fissuras, com riscos de descolamento do revestimento. Assim sendo, deve-se procurar igualar a resistência de aderência por cisalhamento à resistência de aderência de tração da argamassa, diminuindo dessa forma o espaçamento entre as fissuras e garantindo a aderência do revestimento”.

A resistência de aderência da argamassa sofre influência de alguns fatores como a trabalhabilidade da argamassa, a técnica executiva empregada, da natureza da base e a limpeza da mesma.

### **2.5.4 Retração**

As mudanças nas dimensões e a tendência à fissuração da argamassa, durante a fase plástica e o endurecimento inicial, são influenciadas pelas condições de exposição (velocidade do ar circundante, umidade e temperatura), além disso as características intrínsecas do material no estado fresco (relação a/c, teor de água de amassamento e consumo de cimento) como também dos seus constituintes (textura superficial, da forma e da capacidade de retenção de água em função da finura dos grãos) podem influenciar na retração. A geometria da peça estrutural, expressada pela área superficial exposta ao ar por unidade de volume do material moldado também provoca a variação das dimensões da argamassa.

Segundo Alves (1987), as argamassas de cal com elevada porcentagens de água e cal apresentam maior redução de volume.

Na escolha dos materiais constituintes da argamassa deve-se considerar o consumo de água necessário para a obtenção da consistência desejada. Um elevado consumo de água é indicativo do excesso de retração com grande probabilidade de surgimento de fissuras e trincas, ficando o revestimento, portanto, sujeito a apresentar toda ordem de patologias (LARA *et al.*, 1995).

## 2.6. CLASSIFICAÇÃO DA ARGAMASSA

As argamassas, em geral, podem ser classificadas de acordo com o apresentado na Figura 2.6.

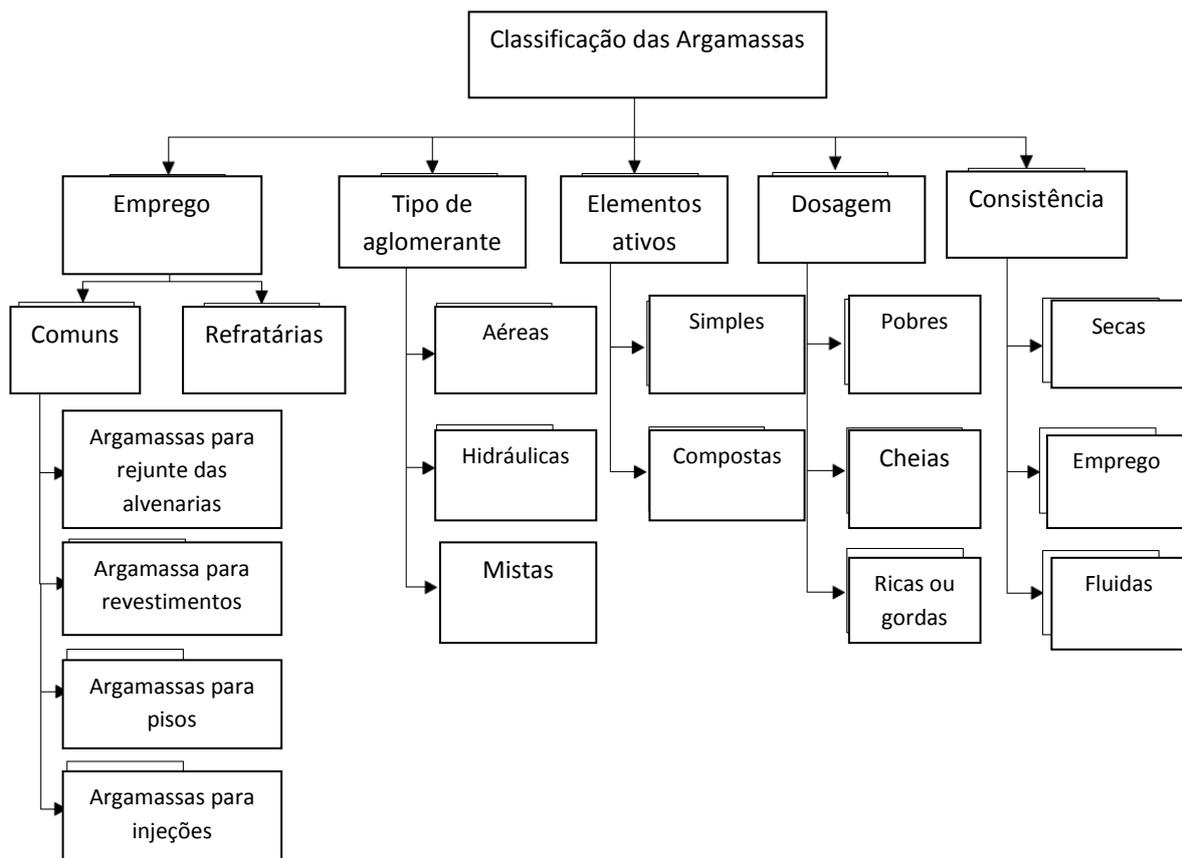


Figura 2.6 – Classificação das Argamassas

Fonte: Petrucci, 1980

## **2.6.1 Emprego da argamassa**

Argamassas Comuns: Destinadas a obras correntes.

Argamassas Refratárias: Destinada a obras onde a argamassa deva resistir a altas temperaturas. Neste caso, serão feitas com agregados especiais, como argila refratária e vermiculita.

## **2.6.2 Tipo de aglomerante**

- Aéreas: formadas por cal aérea e gesso.

- Hidráulicas: de cal ou cimento.

Comumente utiliza-se para a alvenaria a argamassa tradicional, composta por areia e cal. A pasta de cal tem como principal objetivo preencher os vazios entre os grãos de areia, proporcionando à argamassa trabalhabilidade e retenção de água superiores em comparação à outras argamassas.

As argamassas exclusivamente composta por areia e cal têm o desenvolvimento de resistência lento, e são dependentes de umidade apropriada e de adequada absorção de dióxido de carbono do ar para ser atingido. As argamassas compostas também por cimento possuem um desenvolvimento da resistência à compressão superior e atinge valores mínimos com maior facilidade (SABBATINI, 1986).

Argamassas compostas por cimento Portland adquirem elevadas resistências com rapidez e atingem, sem problemas, resistências apropriadas para a utilização como argamassa de assentamento e revestimento. Apesar disso, não deve ser utilizada o artifício de variar as proporções de cimento e areia para alcançar uma determinada resistência. Isto porque argamassas com proporção elevada de cimento e areia podem vir a ser deletérias em função das condições de uso, além de serem antieconômicas.

Existem também as argamassas mistas, com um aglomerante acompanhado de um hidráulico, em geral são utilizados cal aérea e cimento. Os Ingleses utilizam a proporção 1:3 (cimento + cal:areia seca), em volume, como traço padrão, pois partem do princípio de que com essa proporção os vazios da areia são preenchidos pela pasta aglomerante. Assim, ao se alterar a proporção relativa de cal e cimento, a trabalhabilidade fica estabilizada, independentemente das modificações (SABBATINI, 1986).

### **2.6.3 Elementos ativos**

O número de elementos Ativos se refere à quantidade de aglomerante e pode ser classificada em:

- Simples: quando possuem apenas um elemento ativo.
- Compostas: quando possuem mais de um elemento ativo.

### **2.6.4 Dosagem**

- Pobres ou Magras: Classificação dada para argamassas onde o volume de aglomerante é insuficiente para preencher os vazios entre os grãos do agregado.

- Cheias: Quando os vazios acima referidos são preenchidos exatamente pela quantidade de pasta existente.

- Ricas ou gordas: quando há um excesso de pasta. (PETRUCI, 1980).

## 2.6.5 Tipos especiais

Argamassas com aditivos: Os aditivos, geralmente aeradores, alteram as propriedades e torna a argamassa trabalhável e com capacidade de retenção de água (SABBATINI, 1986).

A desvantagem deste tipo especial de argamassa é o seu custo e do uso indiscriminado de aditivo, que se usado acima do teor crítico pode ocasionar sérios danos à obra.

## 2.7 CLASSIFICAÇÃO DO REVESTIMENTO

Segundo a NBR 13529 (ABNT, 2013), os revestimentos são sistemas constituídos por uma ou mais camadas de argamassa, podendo cada camada ter uma função específica. Em casos específicos, devem atender às exigências de proteção contra umidade e radiação e de conforto térmico. A norma classifica os revestimentos de argamassa de acordo com os seguintes critérios:

- a) Quanto ao número de camadas de aplicação:
  - Revestimentos de camada única;
  - Revestimentos de duas ou mais camadas;
- b) Quanto ao ambiente de exposição:
  - Revestimentos de paredes internas;
  - Revestimentos de paredes externas;
  - Revestimentos com contato com o solo;
- c) Quanto ao comportamento à umidade:
  - Revestimento comum;
  - Revestimento de permeabilidade reduzida;
  - Revestimento hidrófugo;
- d) Quanto ao comportamento à radiação:
  - Revestimento de proteção radiológica;

- e) Quanto ao comportamento ao calor:
  - Revestimento termoisolante;
- f) Quanto ao acabamento da superfície:
  - Camurçado;
  - Chapiscado;
  - Desempenado;
  - Sarrafeado;
  - Imitação travertino;
  - Lavado;
  - Raspado;

As camadas de argamassa de revestimento, segundo Sabbatini (1984), recebem denominações conforme descritos nos itens emboço, reboco, massa única e chapisco.

### **2.7.1 Emboço**

O emboço, também conhecido como camada grossa, é a camada de revestimento aplicada sobre o chapisco e deve ter sua aplicação executada no mínimo após três dias da execução deste.

A principal função do emboço é a regularização da superfície de alvenaria, devendo apresentar espessura média entre 15 mm e 25 mm.

Segundo Azeredo (1990) sua função é a de evitar infiltração e penetração de água, sem impedir a ação capilar que transporta a umidade da alvenaria até a superfície exterior do revestimento, devendo também uniformizar a superfície. Ainda, segundo o mesmo autor, a natureza da base deve ser considerada na resistência da argamassa de regularização.

- Para elementos suportes de baixa resistência, como a alvenaria de tijolos, o emboço deve ser mais resistente do que a base e menos resistente do que o acabamento (Figura 2.7a);

- Para elementos suporte de elevada resistência, como o concreto, o emboço deve ser menos resistente do que a base e mais resistente do que o acabamento (Figura 2.7b).

A plasticidade da argamassa deve ser moderada, a areia deve ter granulometria média para obter a porosidade necessária para melhor aderência.

A superfície do substrato deve ser previamente umedecida para aplicação do emboço.

Caso não seja executado o reboco, revestimentos de camada única, o acabamento deve ser feito o desempenho de acordo com o acabamento desejado.

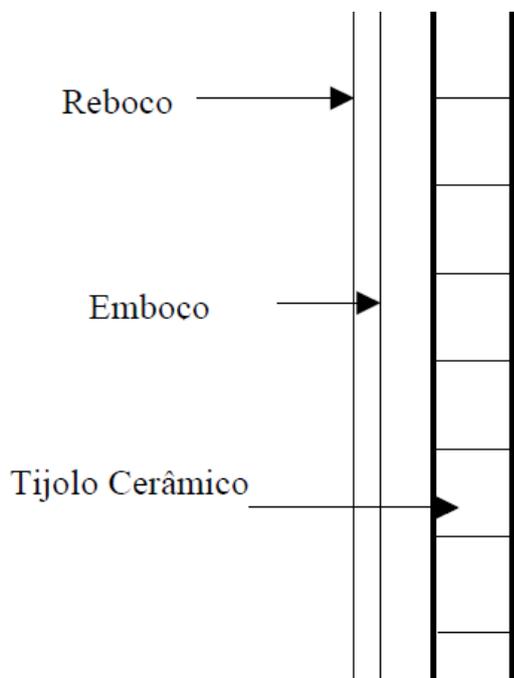


Figura 2.7a

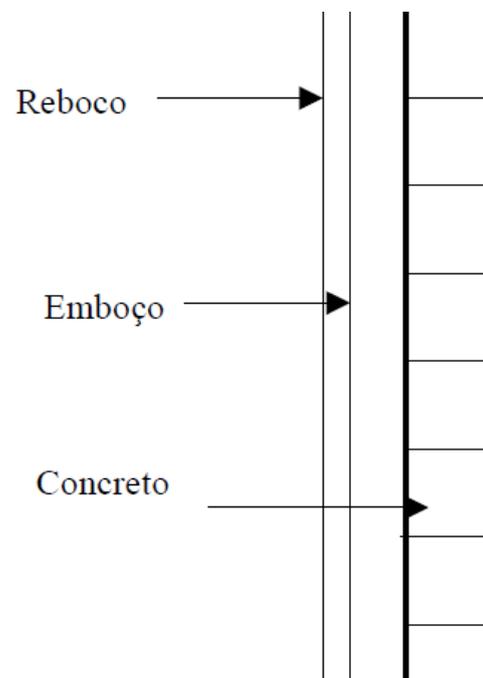


Figura 2.7b

Figura 2.7 – Resistência da argamassa em função do tipo de substrato (Azeredo, 1990).

### **2.7.2 Reboco**

O reboco, também conhecido como massa fina, é a camada de acabamento dos revestimentos de argamassa e deve ser aplicada sobre o emboço. Sua espessura é apenas o suficiente para constituir uma camada contínua e íntegra sobre o emboço, tendo no máximo 5 mm de espessura. O reboco é o responsável pela textura superficial final do revestimento de múltiplas camadas, sendo a pintura, em geral, aplicada diretamente sobre o mesmo. Portanto, esta camada deve estar livre de fissuras, principalmente em aplicações na área externa. Para isto, a argamassa deve apresentar elevada capacidade de acomodar deformações.

### **2.7.3 Massa única**

A massa única, conhecido também como emboço paulista, é o revestimento executado em uma única camada com acabamento e pintura. Neste caso, a técnica utilizada e a argamassa escolhida devem resultar em um revestimento capaz de cumprir as funções tanto do emboço quanto do reboco, ou seja, regularização da base e acabamento.

### **2.7.4 Chapisco**

O Chapisco não é propriamente uma camada de revestimento, pois constitui um procedimento de preparação da base com espessura irregular, podendo ser necessário ou não, conforme a natureza da base. Sua principal função é melhorar as condições de aderência da camada de aderência posterior em situações críticas basicamente vinculadas a dois fatores:

- limitação na capacidade de aderência do substrato: ocorre em superfícies lisas ou com porosidade inadequada, como o concreto e substratos com baixa capacidade de sucção.

- revestimentos sujeitos à ações de maior desgaste ou com maior dificuldade na aderência como os revestimentos externo e os de teto.

Dessa forma, os principais requisitos para o chapisco são a resistência, aderência e durabilidade. A aderência, principal requisito, esta relacionado aos altos teores de cimento no traço além da técnica de execução. O alto teor de cimento, além de conferir resistência, favorece a penetração das partículas finas nos poros da base, melhorando a ancoragem.

A areia utilizada no chapisco deve ter granulometria média a grossa, sendo responsável por quase toda a aspereza. Os substratos de alvenaria onde será aplicado o chapisco devem ser previamente umedecidos, pois estas absorvem água de amassamento. Caso seja utilizado concreto como base, este procedimento não será necessário, pois o concreto absorve menos água.

## 2.8 DETALHES EXECUTIVOS DO REVESTIMENTO

### 2.8.1 Molhagem das paredes

Vários autores concordam que a qualificação da mão-de-obra, além de interferir no ritmo de construção e na trabalhabilidade da argamassa, tem grande importância no tratamento da sucção. Alguns procedimentos do profissional responsável prejudicam, ou não, a extensão de aderência e a resistência. Uma destas ações é a escolha de molhar ou não as paredes antes de revesti-la com argamassa.

Este procedimento deverá ser utilizado quando a temperatura ambiente for elevada e/ou a base ter elevada absorção, evitando, assim, que a argamassa perca água de amassamento para o substrato.

## **2.8.2 Espessura das camadas**

A espessura mínima das camadas de revestimentos varia de acordo com a bibliografia mundial.

O projeto de Norma de Revestimento de Argamassas Inorgânicas de Paredes e Tetos, citado por Mibielli (1994), as espessuras ideais na execução do chapisco deve variar entre 3 mm e 5 mm, já o emboço entre 8 mm e 15 mm.

Segundo ASTM C 926 (1998) a espessura do chapisco é indefinida, já o emboço deverá ser no máximo 19 mm.

De acordo com a NBR 7200 (1998) o emboço deve ter espessura de 20 mm a 25 mm.

A DIN 18550 – Part 1 (1967), define que a espessura total do revestimento externo argamassado deve ser em média de 20 mm e, de 15 mm no mínimo.

Segundo a CSTB. D.T.U. 26.1 (1978), o chapisco deve ter espessura de 3 mm e o emboço de 15 a 20 mm caso seja projetado manualmente.

Mibielli (1994) concluiu que as espessuras médias a ser utilizada no chapisco e no emboço devam ser de 3 a 5 mm e 15 a 20 mm respectivamente.

## **2.8.3 Preparo das superfícies**

Segundo Carasek (1991), os substratos podem ser diferenciados por sua capacidade de absorção do seguinte modo:

- a) Substrato muito liso e compacto (más condições de aderência);
- b) Substrato rugoso e não demasiadamente absorvente (boas condições de aderência);
- c) Substrato demasiadamente absorvente (risco de ressecção prematura).

A NBR 8214 (1983) define que superfícies lisas, com baixa absorção ou absorção heterogênea de água devem ser preparadas previamente à execução da camada de regularização, mediante a aplicação uniforme de chapisco no traço 1:3 ou 1:4 (cimento e areia) em Volume.

#### **2.8.4 Tempo de cura de cada camada**

De acordo com Souza (1996), o chapisco deve ser aplicado no mínimo 15 dias após a execução da alvenaria.

Mibielli (1994) cita a publicação LE PIASTRELLE CERDISA, que define o tempo mínimo de cura do chapisco sendo de uma noite, no entanto, o emboço só deve ser aplicado três dias após a execução do chapisco, enquanto o reboco, caso seja utilizado, deve ser aplicado sete dias após o emboço.

### **2.9 SUBSTRATO**

Conforme os vários autores citados por Carasek, Cascudo e Scartezini (2001), a aderência entre o substrato poroso e a argamassa é um fenômeno mecânico, resultado da penetração da argamassa nos poros e na rugosidade do substrato utilizado. Quando a argamassa ainda no estado plástico entra em contato a base absorvente, uma porção de água de amassamento penetra nas cavidades do substrato, onde irá ocorrer a precipitação de produtos de hidratação do cimento no seu interior, criando uma espécie ancoragem na base.

Assim, fica evidente que o tipo de argamassa, o tipo do substrato e a capacidade de absorção deste são parâmetros que influenciam na resistência de aderência, confirmado através de análise estatística realizado por Carasek (1996) através de amplo programa experimental.

De acordo com Robinson (1996), contribuem também para a aderência, mas em pequena proporção, as forças de adesão na superfície dos materiais,

consequente das ligações polares covalentes e das forças de Van der Waals entre as partículas na interface argamassa/substrato. Além disso, a aderência química proveniente das reações pozolânicas entre a superfície dos blocos cerâmicos e a cal também contribuem com a aderência.

### **2.9.1 Microestrutura da interface substrato/argamassa**

Segundo Scartezini (2002), o uso de técnicas sofisticadas, como a difratometria de Raios X, microscopia eletrônica de varredura e a análise petrográfica, proporcionou um melhor entendimento quanto aos mecanismos de aderência baseando-se no tipo dos produtos de hidratação e na morfologia na interface Substrato/Argamassa.

Com base na bibliografia pesquisada é possível indicar duas linhas de pensamentos divergentes, em relação aos mecanismos de aderência. A primeira linha, defendida por Voss (1933), Chase (1984) e Lawrence & Cao (1987 e 1988), propõe que a aderência é dada pela formação de uma camada rica em cálcio na interface Substrato/Argamassa, com a precipitação de cristais de hidróxido de cálcio e eventualmente carbonato de cálcio, acompanhada da deposição de cristais de trissulfoaluminato de cálcio hidratado (etringita) e silicatos de cálcio hidratado (C-S-H).

A segunda linha, defendida pelos pesquisadores do INSA (Institut National de Sciences Appliquées), como Detriché, Dupin, Farran, Grandet e Maso, propõem que a interface Substrato/Argamassa é composta principalmente por cristais de etringita (CARASEK, 1996).

Carasek (1996), utilizando um sistema real onde a argamassa é aplicada sobre o bloco cerâmico, confirma a teoria dos pesquisadores franceses ao realizar um trabalho experimental onde é empregado o microscópio eletrônico de Varredura. Este estudo aponta que a aderência decorre principalmente do intertravamento dos cristais de etringita no interior das cavidades do substrato. A Figura 2.8 apresenta, esquematicamente, o referido mecanismo de aderência.

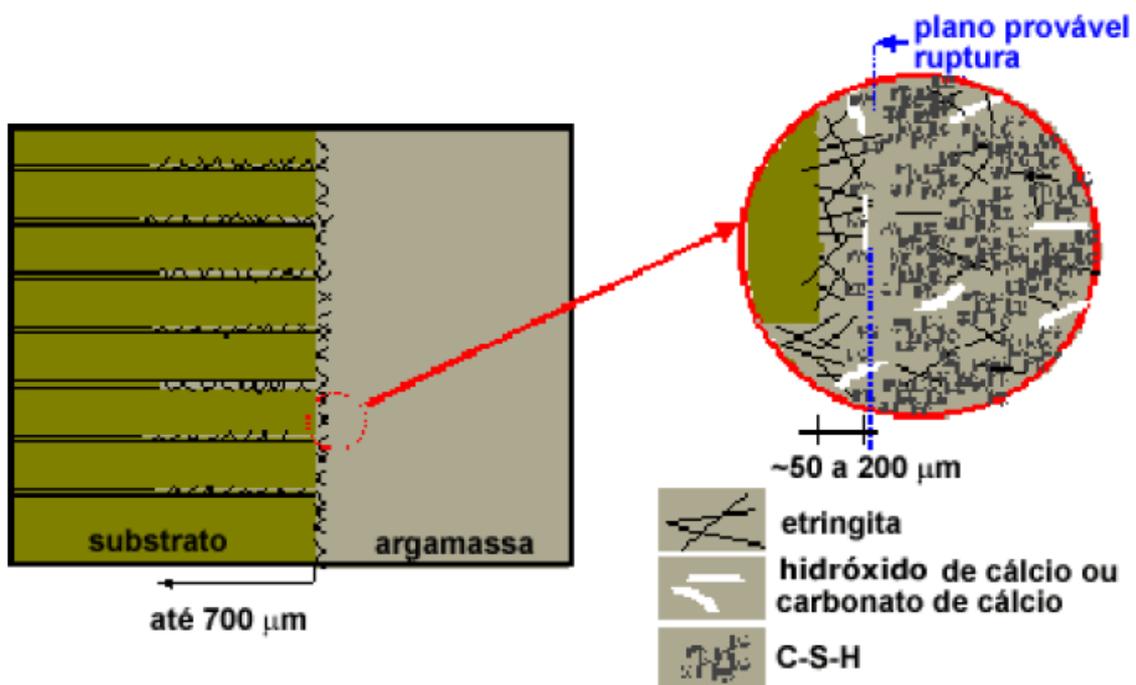


Figura 2.8 – Representação esquemática do mecanismo de aderência entre a argamassa de cimento e cal e blocos cerâmicos (Carasek, 1996).

## 2.10 ADERÊNCIA DOS REVESTIMENTOS DE ARGAMASSA EM BLOCOS CERÂMICOS

A aderência entre a base e argamassa pode ser definida como o resultado da união das propriedades de resistência de aderência à tração da camada de revestimento, da extensão de aderência e da resistência de aderência ao cisalhamento entre as superfícies (SABATINI, 1984 *apud* CANDIA, 1998; SCARTEZINI, 2002; SELMO 1989 *apud* SILVA, 2004; GONÇALVES, 2004). Segundo Antunes (2005), A resistência de aderência é a combinação dos efeitos da entrada da argamassa nos poros do substrato, das forças de ligações superficiais entre o substrato e a argamassa e da resistência mecânica dessa argamassa. A extensão de aderência é definida como “[...] a razão entre a área de contato efetivo e a área total possível de ser unida [...]” (SCARTEZINI, 2002; ANTUNES, 2005).

### **2.10.1 Mecanismos de aderência**

Os mecanismos de aderência promovidos entre substrato e argamassa podem ser verificados tanto na argamassa no estado fresco, no momento em que entram em contato, também denominado adesão inicial; quanto no estado endurecido, considerada a aderência propriamente dita (CARASEK, 1996).

Existem fatores que condicionam os mecanismos de aderência, afetando-os indiretamente, quando afeta a macroancoragem da argamassa ao substrato, onde pode-se citar a influência da mão de obra de execução do revestimento e rugosidade do substrato; ou afetando diretamente, quando afeta a microancoragem da argamassa ao substrato, onde pode-se cita a estrutura de poros e capacidade de absorção do substrato, as condições de cura e a composição e capacidade de retenção de água da argamassa.

#### **2.10.1.1 Adesão Inicial**

A adesão inicial das argamassas de revestimento com o substrato é diretamente influenciada pelas propriedades reológicas da argamassa, pois o lançamento ocorre ainda no estado fresco (ROSELLO, 1976 *apud* CARASEK, 1996 e CANDIA, 1998).

As propriedades reológicas da argamassa influenciam na tensão superficial criada na superfície do substrato no momento do contato, tensão esta que resultará nas forças de adesão que devem ser “[...] fortes e estáveis o suficiente para assegurar que essa interface formada não seja o elo fraco da união dos materiais.” (PAES, 2004). Para melhor entender a influência das características reológicas na tensão superficial utiliza-se a teoria das ligações interfaciais entre um sólido (substrato) e um líquido (a pasta de argamassa).

Para que a adesão tenha bom desempenho é necessário que o líquido cubra totalmente a superfície do sólido, sem deixar vazios na interface (PAES, 2004). Esta propriedade dos líquidos, denominada “molhabilidade”, é beneficiada quando existe uma redução da tensão superficial, que é obtida a partir da redução do

ângulo de contato. Já a redução do ângulo de contato pode ser obtida por alterações nas propriedades reológicas das argamassas com o uso aditivos de retentores de água e incorporadores de ar (CARASEK, 1996) ou pela adição de cal que provoca o aumento da plasticidade (GONÇALVES, 2004). Ainda segundo Carasek, o aumento do teor de cimento favorece a adesão pois reduz a tensão superficial.

### **2.10.1.2 Aderência**

Segundo diversos autores (CARASEK, 1996; CANDIA, 1998, SCARTEZINI 2002; SCARTEZINI e CARASEK, 2003<sup>a</sup>), a aderência entre a argamassa de revestimento e o substrato ocorre através de um fenômeno essencialmente mecânico. Este mecanismo pode ser caracterizado pela “[...] transferência de água que ocorre entre a argamassa e o substrato.” (SCARTEZINI e CARAZEK, 2003<sup>a</sup>), o que possibilita a entrada da pasta cimentícia nos poros da alvenaria que, ao hidratar, precipita hidróxidos e silicatos que promovem a ancoragem do revestimento. A pasta absorvida pelo substrato pode encontrar-se em dissolução ou estado coloidal (CARASEK, 1996).

Para melhor compreender a passagem de água da argamassa para o substrato é preciso que ambos sejam analisados como sistemas de poros. Segundo Carasek (1996), “o sistema de poros do substrato é modelado através de um conjunto de tubos cilíndricos paralelos independentes, abertos, perpendiculares à superfície da argamassa, de raios constantes ao longo do tempo e inicialmente vazios”. Segundo Moura (2007), os poros da argamassa também são modelados como tubos cilíndricos independentes, porém estes possuem raios variáveis por serem originários dos vazios formados pelos grãos de cimento e agregado, e encontra-se inicialmente saturados.

O transporte de água pode então ser explicado pela teoria dos poros ativos, que relaciona a capacidade de absorção dos substratos, a capilaridade e a capacidade de retenção das argamassas. Segundo Scartezini (2002), poros ativos são aqueles que “[...] possuem força capilar suficiente para exercer a ação de sucção da água”. Gallegos (1995) define que os poros ativos são aqueles em que o

raio varia de 0,01 $\mu$ m a 10 $\mu$ m. Os poros de tamanho inferior, apesar de exercerem grande força de sucção, não absorvem quantidade de água significativa para influenciar na aderência do revestimento (MOURA, 2007).

A força de sucção dos substratos somada à tensão superficial da água, que é caracterizada por um fenômeno físico ocorrido em função do desequilíbrio de pressão, resulta na entrada de água nos poros do substrato quando a pressão externa supera a interna (CENTRE SCIENTIFIQUE DE LA CONSTRUCTION, 1982).

Detriché e Maso (1986), citados por Scartezini (2002), acrescentam aos mecanismos de transporte de água uma força de repulsão da água presente nos poros da argamassa para os poros do substrato, fenômeno que pode ser explicado pela retração da argamassa fresca consequente da redução dos poros dado pela perda da água por sucção do substrato.

O equilíbrio entre a força de retenção da argamassa e a força de sucção dos poros capilares ocorre no instante que os diâmetros dos poros da argamassa são igualados ao dos poros do substrato. Nesse momento, o fluxo de água por absorção capilar é encerrado (SCARTEZINI, 2002) e o fluxo por difusão é iniciado (OUZIT, 1990 apud PAES, 2004). O fluxo por difusão está condicionado à existência suficiente de força de sucção do substrato, mesmo que em ambiente saturado. O coeficiente de difusão será maior quanto menor forem os tamanho das moléculas e maior forem os poros capilares em que entrarão por difusão (PAES, 2004).

Além da aderência pelo fenômeno mecânico, Gonçalves (2004) cita a influência, embora menos significativa, de fenômenos físicos que ocorrem em função da proximidade das moléculas da argamassa com o substrato, que são atraídas pelas forças elétricas de Van de Waals. O resultado desta atração é a adsorção das moléculas de água pelo substrato (PAES, 2004).

Mesmo não tendo influência direta sobre os mecanismos de aderência, é importante citar que o transporte de água pode ocorrer em sentido contrário ao do substrato, pela evaporação. A perda de água por evaporação é menor que a parcela adsorvida pela base, mas dependendo das condições climáticas, pode

afetar a integridade física do revestimento pela retração e fissuração excessiva no momento da secagem. No momento em que a capacidade de absorção de água do substrato cessar, a evaporação para o ambiente será o único processo de dessecação atuante no sistema (DETRICHÉ e MASO, 1986).

## **2.10.2 Influência das propriedades**

Segundo Candia (1998), as argamassas de revestimento devem apresentar como principal propriedade a aderência ao substrato de forma “[...] completa, resistente e durável”. Para garantir o bom desempenho na execução do revestimento, as argamassas devem apresentar propriedades específicas.

### **2.10.2.1 Plasticidade, Consistência e Trabalhabilidade**

Segundo Carasek (1996), a trabalhabilidade é definida como a propriedade que fornece às argamassas “[...] sua habilidade em fluir ou espalhar-se em toda a área da face do componente de alvenaria, por suas saliências, protuberâncias e fissuras.” Sendo assim, é a trabalhabilidade a principal responsável pela produtividade e a qualidade na aplicação, bem como a capacidade de adesão inicial ao substrato (TRISTÃO, 1995).

Para alcançar uma satisfatória trabalhabilidade e um adequado espalhamento, a argamassa não deve se apresentar muito seca ou muito fluida, deve se apresentar coesa, sem segregação e com exsudação controlada (SOUSA, 2005), características que facilitam sua adesão e facilidade de aplicação.

### **2.10.2.2 Teor de ar Incorporado**

Segundo Moura (2007), o teor de ar incorporado nas argamassas refere-se às bolhas de ar que são incorporadas à mistura, diferenciando-se daquelas que são decorrentes dela (ou da evaporação de água) e que caracterizam o ar

aprisionado. Segundo Do Ó (2004), o ar incorporado é caracterizado por bolhas de ar estáveis na forma de esferas, enquanto o ar aprisionado é caracterizado por bolhas irregulares e instáveis.

O ar incorporado pode ser maléfico ou benéfico para as argamassas, dependendo do seu teor e da propriedade que se deseja obter. Sousa (2005), por exemplo, afirma que o teor de ar incorporado deve ser limitado pela resistência de aderência, já que para altos teores de ar incorporado haverá reduzida extensão de aderência das interfaces. A Cement & Concrete Association of Australia (2001) apresentou em seu boletim técnico os efeitos de um elevado teor de ar incorporado nas argamassas no estado endurecido, como pode-se ver na Figura 2.9, e queda de resistência de aderência foi atribuída ao fato das bolhas de ar consumirem o espaço que poderia ser ocupado pela pasta de conformação da interface, o que além de reduzir a extensão de aderência, como também a quantidade de produtos de hidratação no transporte de água.



Figura 2.9 – Microscopia eletrônica de uma argamassa com alto teor de ar incorporado (CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA, 2001).

Nas propriedades da argamassa no estado fresco, Sousa (2005) afirma que o ar incorporado promove uma melhora a estas propriedades, até mesmo em altos valores (em torno de 25%), o que não seria permitido se apenas fosse considerada a aderência, e conclui afirmando que as argamassas industrializadas possuem o aditivo incorporador de ar com função plastificante, substituindo a cal. No entanto, a

melhora das propriedades da pasta ainda no estado fresco em função do aumento do teor de ar incorporado não tem um comportamento linear, portanto existe um limite ótimo, e a partir deste limite, haverá perda de desempenho da argamassa.

### **2.10.2.3 Retenção de água**

Segundo Cincotto, Silva e Carasek (1995), a retenção de água pode ser definida como a capacidade que a argamassa, ainda no estado fresco, tem de manter sua consistência e trabalhabilidade quando sujeito a solicitações que provocam a perda de água, como absorção do substrato, sucção ou evaporação. A ASTM C 270 (1998) define a retenção de água como a medida de habilidade da argamassa sob sucção de reter a água da mistura, sendo melhorada através da adição de cal ou ar incorporado, uso de aditivos retentores de água ou pela adição de areia fina desde que tenha granulometria admissível.

Carasek (1996) relaciona a retenção de água da argamassa com a taxa de sucção de água dos substratos onde, para proporcionar hidratação do cimento e extensão de aderência suficiente, o que garante que a água não seja completamente absorvida pela água, deve-se utilizar argamassas de alta capacidade de retenção de água para aplicações em substratos de alta sucção. O mesmo vale para o inverso, deve-se utilizar argamassas de baixa retenção de água para aplicações em substrato de baixa sucção, assim a aderência não estaria comprometida.

### **2.10.2.4 Resistência Mecânica – Compressão e Flexão**

Segundo Nakakura e Cincotto (2004), “A resistência mecânica das argamassas está relacionada à sua capacidade de resistir esforços de tração, compressão e cisalhamento, decorrentes de cargas estáticas ou dinâmicas atuantes nas edificações, ou decorrentes de efeitos das condições ambientais.” Conforme as autoras, nos revestimentos de argamassa existem maior solicitação por tração e por cisalhamento.

A resistência mecânica das argamassas não é uma propriedade fundamental como é no concreto, no entanto, existe uma relação direta com outras propriedades como capacidade de absorção, permeabilidade, porosidade, elasticidade (TRISTÃO, 1995), relacionada à capacidade de suportar os esforços de tração, cisalhamento e compressão (SELMO, 1989 apud ARAÚJO JUNIOR, 2004).

#### **2.10.2.5 Absorção**

Segundo Moura (2007), a absorção das argamassas no estado endurecido é uma propriedade que, diferente da resistência à compressão, é influenciada apenas pelos vazios capilares (poros interconectados e superficiais), seu tamanho, e cont inuidade, e não pela porosidade total da argamassa. Segundo Kuo *et al.* (2005), os poros capilares são aqueles remanescentes da evaporação ou pela utilização da água para a hidratação do cimento, portanto sua formação é fortemente influenciada pela relação água/cimento.

A absorção de água é, portanto, uma propriedade à entrada de água no interior dos vazios capilares das argamassas de revestimento, devido a força de sucção. (CARASEK, 1996).

### 3 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentados aspectos gerais dos ensaios para caracterização dos materiais e dos sistemas de revestimentos selecionados.

#### 3.1. DOSAGEM

A dosagem foi estabelecida de acordo com o traço mais utilizado no município de Campos dos Goytacazes de acordo com a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Traços utilizados para cada camada.

Tipo	Traço (em massa)	Materiais
Assentamento	1:1:6	Cimento : Cal : Areia
Chapisco	1:3	Cimento : Areia
Emboço	1:1:6	Cimento : Cal : Areia

#### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Para a caracterização dos materiais, foram realizados os ensaios de densidade real dos grãos para o cimento, cal e agregado miúdo. Os resultados deste ensaio serão utilizados na fórmula para o cálculo do teor de ar incorporado da argamassa no estado fresco.

Além disso foi realizado o ensaio de granulometria no agregado miúdo utilizado.

### 3.2.1 Cimento Portland

O cimento utilizado na confecção das argamassas foi o CII-E-32. Foi feita a opção por este aglomerante devido ao seu corrente uso nas obras em Campos dos Goytacazes. Foi realizado o ensaio de densidade real dos grãos pelo método de Le Chatelier para caracterização do cimento, conforme Figura 3.1.



Figura 3.1 – Ensaio de densidade real dos grãos do cimento pelo método de Le Chatelier.

### 3.2.2 Cal

A Cal utilizada foi a cal hidratada CHIII. Também foi feita a opção desta cal pela facilidade com que é encontrada e devido ao uso corrente nas obras da região. Foi realizado o ensaio de densidade real dos grãos pelo método de Le Chatelier para caracterização da cal, conforme Figura 3.2.



Figura 3.2 – Ensaio de densidade real dos grãos da cal pelo método de Le Chatelier.

### **3.2.3 Agregado miúdo**

O agregado miúdo é proveniente do município de Campos dos Goytacazes. Após a coleta, o material foi peneirado na peneira #14 (1,18mm), assim será classificado como areia média. Foi realizado o ensaio de densidade real dos grãos e de granulometria para caracterização do agregado miúdo.

### **3.2.4 Água**

Foi utilizada a água fornecida pela rede pública de abastecimento da cidade de Campos dos Goytacazes para a confecção argamassa.

### 3.3 ENSAIOS

#### 3.3.1 Ensaio nos substratos

Foram utilizados dois tipos de substratos para a construção das paredes, o primeiro é um bloco cerâmico com superfície plana, sem ranhuras, já o outro um bloco cerâmico com superfície irregular, com ranhuras.

As dimensões dos blocos foram medidas, o que inclui as medidas de altura largura e comprimento, planeza das faces, desvio em relação ao esquadro, além de medições nos septos, das paredes externas e quando existir, medições das ranhuras. Além disso, foram realizados ensaios de absorção para caracterização dos Blocos cerâmicos, já que esta propriedade está diretamente relacionada à resistência de aderência à tração, principal objeto de estudo deste trabalho.

Os ensaios realizados nos substratos e suas respectivas normas estão descritos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Ensaio realizados no substrato e respectivas normas.

Ensaio	Norma
Determinação das características geométricas	15270-3 (ABNT, 2005)
Absorção de água do substrato	15270-3 (ABNT, 2005)

##### 3.3.1.1 Determinação das características geométricas

As medições realizadas nos Blocos cerâmicos são normatizadas de acordo com a NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Foram efetuadas medições nos blocos cerâmicos de sua área bruta (largura, comprimento e altura), além de outras medidas da seção transversal do Bloco, o que inclui as medições nos septos e das paredes externas e verificação da planeza das faces e do desvio em relação ao esquadro.

Esses dados são importantes para verificação da uniformidade do lote recebido e que será utilizado nos ensaios. Os resultados foram comparados ao da norma para aprovação do lote.

### 3.3.1.2 Absorção de água dos blocos cerâmicos

O ensaio de absorção de água dos blocos cerâmicos foi realizado de acordo com a NBR 15270-3 (ABNT, 2005).

Primeiramente foi feita a limpeza dos blocos cerâmicos para a retirada de partículas soltas e então os Blocos foram submetidos à secagem em estufa. Os Blocos permaneceram em estufa até que duas pesagens consecutivas com intervalo de uma hora diferissem em no máximo 0,25%. Após a estabilização da massa foi registrada a massa seca ( $m_s$ ) dos blocos em gramas.

Após a determinação da massa seca os blocos foram imersos em água em recipiente apropriado com volume suficiente para mantê-los totalmente imersos. Os Blocos permaneceram no recipiente por 24 horas tomando o cuidado de repor a água perdida por evaporação. Os blocos então foram pesados e registrado a massa úmida ( $m_u$ ), expressa em gramas.

O índice de absorção d'água (AA) de cada bloco foi calculado de acordo com a equação 3.1.

$$AA (\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} 100 \quad (3.1)$$

Onde:

$m_u$  – Massa seca, em gramas;

$m_s$  – Massa úmida, em gramas;

### 3.3.2 Ensaio em argamassa no estado fresco

A argamassa utilizada nos ensaios foi confeccionada de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005). Para argamassas dosadas em laboratório à base de cimento e cal hidratada, a confecção é feita do seguinte modo:

- Preparar, com antecedência de 16 a 24 horas da utilização, uma argamassa de cal hidratada. Misturar em velocidade baixa durante 4 minutos no recipiente do misturador: areia, cal hidratada e água em quantidades de acordo com a dosagem e fazer a pesagem do material preparado.

- Após o intervalo de maturação, o material preparado é pesado novamente e acrescenta-se água eventualmente perdida por evaporação. Em seguida é acrescentada a quantidade de cimento definido no traço. Para finalizar, realiza-se nova homogeneização por 4 minutos, em velocidade baixa.

Os ensaios realizados na argamassa no estado fresco e suas respectivas normas estão descritos na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Ensaio realizado na argamassa no estado fresco e respectivas normas

Ensaio	Norma
Índice de Consistência	13276 (ABNT, 2005)
Teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco	13278 (ABNT, 2005)
Retenção de água	13277 (ABNT, 2005)

#### 3.3.2.1 Consistência

Os ensaios de consistência foram realizados em argamassa no estado fresco de acordo com a NBR 13276 (ABNT, 2005), que recomenda o índice de consistência ( $260 \pm 5$ ) mm. Por tentativa e erro foi repetido o ensaio até que tivesse sido alcançado o índice recomendado. A quantidade de água adicionada na dosagem foi aquela registrada na tentativa onde o índice foi alcançado.

Neste ensaio, foi utilizada uma forma tronco-cônica de 12,5 cm de diâmetro de base, 8,0 cm de diâmetro de topo e 6,5 cm de altura. A mesa circular deve possuir um diâmetro de 50 cm e pesar 12,0 kg, além de uma altura de queda de 14 mm.

Após a mistura da argamassa, o molde foi colocado no centro da mesa e preenchido por três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, e aplicados golpes moderados do soquete, sendo 15 golpes na primeira camada, 10 golpes na segunda e 5 golpes na terceira uniformemente distribuídos. Em seguida, foi feito o rasamento da argamassa passando a régua metálica rente à borda do molde tronco cônico.

Depois de retirado o molde, foi acionada a manivela efetuando 30 quedas em 30 segundos. A seguir, mediu-se o espalhamento da argamassa fazendo a média em três diferentes direções.

### **3.3.2.2 Teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco**

O cálculo do teor de ar incorporado deve seguir a NBR 13278 (ABNT, 2005). Antes de ser iniciado o ensaio foi feita a calibração do recipiente cilíndrico. Primeiramente pesou-se o recipiente vazio e foi registrado a massa ( $m_v$ ). Logo após, o recipiente foi cheio com água destilada ou desmineralizada a  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$  e registrou-se o seu volume ( $v_r$ ). O recipiente foi rasado com uma placa de vidro e certificado que não permaneceram bolhas de ar sob a placa. Pesou-se novamente o recipiente com água e com a placa de vidro e registrou-se a massa ( $m_a$ ). O volume é dado pela equação 3.2:

$$v_r = m_a - m_v \quad (3.2)$$

Após a calibração do recipiente cilíndrico procedeu-se com a preparação da argamassa conforme NBR 13276 (ABNT, 2005). A argamassa ainda no estado fresco foi introduzida suavemente recipiente cilíndrico calibrado de modo que

formasse três camadas de altura aproximadamente iguais. Foi aplicado a cada camada 20 golpes, que devem ser efetuados de modo que não ultrapasse a camada onde está sendo aplicado.

Após a execução e do golpeamento das três camadas efetuou-se três quedas com aproximadamente 3 cm de altura. Ao final não deve restar vazios entre a argamassa e a parede do recipiente.

O Recipiente foi razado e após a eliminação de qualquer partícula ou água aderida à parede externa do recipiente foi realizado a pesagem e registrado a massa do molde com a argamassa ( $m_c$ ).

- Densidade de massa no estado fresco

Para o cálculo da densidade de massa no estado fresco ( $d$ ), em quilogramas por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) através da equação 3.3.

$$d = \frac{m_c - m_v}{v_r} 1000 \quad (3.3)$$

Onde:

$m_c$  – Massa do recipiente cilíndrico contendo a argamassa de ensaio, em gramas;

$m_v$  – Massa do recipiente cilíndrico vazio, em gramas;

$v_r$  – Volume do recipiente cilíndrico, em centímetros cúbicos.

- Teor de ar incorporado

Para o cálculo do teor de ar incorporado na argamassa (A), através da equação 3.4.

$$A = 100 \left( 1 - \frac{d}{d_t} \right) \quad (3.4)$$

Onde:

d - Densidade de massa de argamassa, em gramas por centímetro cúbico;

$d_t$  – Densidade de massa teórica da argamassa, em gramas por centímetro cúbico, sem vazios.

Para argamassas não industrializadas, o valor da densidade de massa teórica é calculado através da equação 3.5.

$$d_t = \frac{\sum m_i}{\sum \frac{m_i}{\gamma_i}} \quad (3.5)$$

Onde:

$m_i$  - Massa seca de cada componente da argamassa, mais a massa de água;

$\gamma_i$  – Massa específica de cada componente da argamassa.

### 3.3.2.3 Retenção de água

O ensaio da retenção de água foi realizado de acordo com a NBR 13277 (ABNT, 2005). Para a realização do ensaio foi utilizada argamassa no estado fresco confeccionada conforme a NBR 13276 (ABNT, 2005).

Primeiramente, colocou-se o prato sobre o funil, garantindo a estanqueidade entre eles, e logo em seguida posicionou-se o papel-filtro umedecido no fundo do prato.

Com a torneira fechada, foi acionada a bomba de vácuo até que seja aplicada uma sucção de 51 mm de mercúrio. Em seguida abriu-se a torneira para a retirada do excesso de água do papel-filtro apenas por 90 segundos.

O conjunto funil/papel-filtro úmido foi pesado e registrado a massa ( $m_v$ ).

Preencheu-se o prato com a argamassa até acima da borda para o adensamento com soquete. Foram aplicados 16 golpes uniformemente junto à borda e 21 golpes uniformemente distribuídos na parte central da amostra. O excesso de argamassa foi retirado com uma régua metálica até a obtenção de uma superfície plana.

Após a limpeza do excesso de argamassa o conjunto com argamassa foi pesado e registrado a massa ( $m_a$ ). Em seguida, abriu-se a torneira até a aplicação de uma sucção de 51 mm de mercúrio durante 15 minutos. Após o tempo de espera o prato do funil foi removido e pesou-se o conjunto registrando a massa ( $m_s$ ).

O cálculo da retenção de água é dado pela equação 3.6.

$$R_{1a} = [1 - ((m)_{1a} - m_{1s}) / (AF (m_{1a} - m_{1v}))] 100 \quad (3.6)$$

Sendo AF determinado pela equação 3.7.

$$AF = \frac{m_w}{m + m_w} \quad (3.7)$$

Onde:

$m_a$  – Massa do conjunto com argamassa, em gramas;

$m_s$  – Massa do conjunto após a sucção, em gramas;

$m_v$  – Massa do conjunto vazio, em gramas.

AF – Fator água/argamassa fresca;

$m_w$  – Massa total de água acrescentada à mistura, em gramas;

$m$  – Soma das massas dos componentes anidros.

### 3.3.3 Ensaios em argamassa no estado endurecido

As argamassas para a realização dos ensaios foram confeccionadas de acordo a NBR 13276 (ABNT, 2005). Após a confecção da argamassa foram preparados os corpos de prova de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005), que descreve como aparelhagem necessária os moldes prismáticos metálicos, formando três compartimentos quando montados, que servem de molde para três corpos-de-prova de 4 cm x 4 cm x 16 cm cada. Os moldes foram fixados sobre a mesa de consistência e preenchidos com duas camadas de altura aproximadamente iguais. A cada camada executada foram realizadas 30 quedas na mesa de consistência. Em seguida, foi feito o rasamento da argamassa passando a régua metálica de modo que a superfície fique plana e elimine os excessos de argamassa nas bordas.

Os moldes foram colocados em local plano com temperatura controlada para cura. A desforma dos corpos-de-prova foi feita no mínimo 24 horas depois de moldados.

Os ensaios realizados na argamassa no estado endurecido e suas respectivas normas estão descritos na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Ensaio realizados na argamassa no estado endurecido e respectivas normas

Ensaio	Norma
Resistência à tração na flexão	13279 (ABNT, 2005)
Resistência à compressão axial	13279 (ABNT, 2005)
Absorção de água e Índices de vazios da argamassa	9778 (ABNT, 2009)
Densidade de massa aparente no estado endurecido	13280 (ABNT, 2005)
Coeficiente de capilaridade	15259 (ABNT, 2005)

### 3.3.3.1 Resistência à tração na flexão

O ensaio de resistência à tração na flexão foi executado de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005). Para a realização do ensaio foram utilizados seis corpos-de-prova confeccionados de acordo com o capítulo 3.3.2, que foram posicionados nos dispositivos de apoio do equipamento de ensaio, de modo que a face rasada não estivesse em contato com os dispositivos de apoio ou com os dispositivos de carga. Em seguida, foi aplicada uma carga de  $(50 \pm 10)$  N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

A resistência à tração na flexão foi calculada através da equação 3.8.

$$R_t = \frac{1,5F_t L}{40^3} \quad (3.8)$$

Onde:

$R_t$  – Resistência à tração na flexão, em megapascal;

$F_t$  – Carga aplicada verticalmente no centro do prisma, em newtons;

$L$  – Distância entre os suportes, em milímetros.

### 3.3.3.2 Resistência à compressão axial

O ensaio de Resistência à compressão axial foi executado de acordo com a NBR 13279 (ABNT, 2005). Para a realização dos ensaios foram utilizadas as duas metades dos corpos-de-prova rompidos. Os corpos-de-prova foram posicionados de modo que a face rasada não fique em contato com o dispositivo de apoio ou com o dispositivo de carga. Aplicou-se uma carga de  $(500 \pm 50)$  N/s até a ruptura do corpo-de-prova.

A resistência à compressão é calculada através da equação 3.9.

$$R_c = \frac{F_c}{1600} \quad (3.9)$$

Onde:

$R_c$  – Resistência à compressão, em megapascal;

$F_c$  – Carga máxima aplicada, em Newton;

1600 é a área da seção considerada quadrada do dispositivo de carga de 40 mm x 40 mm, em milímetros quadrado.

### 3.3.3.3 Absorção de água e índices de vazios

O ensaio de absorção de água e índices de vazios foi executado de acordo com a NBR 9778 (ABNT, 2009). Para a realização dos ensaios foram utilizados seis corpos-de-prova confeccionados de acordo com o capítulo 3.3.2, os quais possuem volume próximos à  $256 \text{ cm}^3$ , maior que  $150 \text{ cm}^3$  exigidos pela norma para ensaios em argamassa.

Primeiramente os corpos-de-prova foram colocados na estufa por um período de 72h e decorrido o tempo registrou-se a massa ( $m_s$ ). Em seguida o corpo-de-prova foi imerso em água durante 72 horas. Depois de completada a

etapa de saturação em água à temperatura ambiente, colocou-se os corpos-de-prova em um recipiente com água e progressivamente levado à ebulição, a qual só deve começar depois de 15 minutos e antes de 30 minutos. O processo de ebulição foi mantido por 5 horas completando o volume de água quando necessário. A seguir, deixou-se a água esfriar naturalmente até atingir a temperatura ambiente e registrou-se a massa em balança hidrostática ( $m_i$ ). A amostra foi retirada da água, enxugada com pano úmido e registrada a massa ( $m_{sat}$ ).

- Absorção

Para o cálculo da absorção ( $A$ ), em porcentagem, utiliza-se a equação 3.10.

$$A = \frac{m_{sat} - m_s}{m_s} \quad (3.10)$$

Onde:

$m_{sat}$  – Massa da amostra saturada em água após imersão e fervura;

$m_s$  – Massa da amostra seca em estufa.

- Índices de Vazios

O cálculo do Índice de Vazios ( $I_v$ ), em porcentagem, pela equação 3.11.

$$I_v = \frac{m_{sat} - m_s}{m_{sat} - m_i} \quad (3.11)$$

Onde:

$m_i$  – Massa da amostra saturada imersa em água após fervura.

### 3.3.3.4 Densidade de massa aparente no estado endurecido

O ensaio de densidade massa aparente no estado endurecido foi executado de acordo com a NBR 13280 (ABNT, 2005). Para a realização do ensaio foram utilizados três corpos-de-prova confeccionados de acordo com o capítulo 3.3.2. Após 28 dias de cura, os corpos de prova foram medidos, com o auxílio de um paquímetro, a altura, a largura e o comprimento em duas posições distintas. Também foi determinada a massa dos corpos de prova.

Primeiro foi calculado o volume do corpo de prova em centímetros cúbicos através da equação 3.12.

$$V = l . h . c \quad (3.12)$$

Onde:

V - Volume do corpo de prova

l – Largura do corpo de prova

h – Altura do corpo de prova

c – Comprimento do corpo de prova

Depois de determinado o volume do corpo de prova, determinou-se a densidade de massa aparente no estado endurecido conforme equação 3.13.

$$\rho_{max} = \frac{m}{v} 1000 \quad (3.13)$$

Onde:

$\rho_{max}$  - Densidade de massa aparente no estado endurecido.

m – Massa do corpo de prova.

v – Volume do corpo de prova.

### 3.3.3.5 Coeficiente de capilaridade

O ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade foi executado de acordo com a NBR 15259 (ABNT, 2005). Para a realização do ensaio foram utilizados três corpos-de-prova confeccionados de acordo com o capítulo 3.3.2. Após 28 dias de cura, lixou-se a superfície do corpo de prova com lixa grossa e feita a limpeza com pincel e em seguida determinou-se a massa inicial. A face quadrada dos corpos de prova foi posicionada sobre suportes no recipiente de ensaio, evitando a molhagem de outras superfícies. O nível de água deve permanecer constante a  $(5 \pm 1)$  mm acima da face em contato com a água. A partir da colocação dos corpos de prova, em contato com a água, foi determinada a massa aos 10 minutos e aos 90 minutos.

Para a determinação do coeficiente de capilaridade utiliza-se a equação 3.14.

$$C = m_{90} - m_{10} \quad (3.14)$$

Onde:

C – Coeficiente de capilaridade, em gramas por decímetro quadrado pela raiz quadrada de minuto ( $\text{g}/\text{dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ )

M<sub>90</sub> – Massa do corpo de prova aos 90 minutos.

M<sub>10</sub> – Massa do corpo de prova aos 10 minutos.

### 3.3.4 Ensaio no revestimento

Os ensaios realizados na argamassa no revestimento e suas respectivas normas estão descritos na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Ensaio realizados no revestimento e respectivas normas

Ensaio	Norma
Resistência de aderência à tração	13528 (ABNT, 2010)

#### 3.3.4.1 Execução das paredes

Para a realização dos ensaios no revestimento foram construídas paredes de alvenaria. Foram utilizados dois diferentes blocos cerâmicos para a construção das paredes, o primeiro um bloco cerâmico com superfície plana, sem ranhuras, já o outro um bloco cerâmico com presença de ranhuras na superfície.

As paredes foram divididas por tempo de cura (7, 14, 28 dias) e também por presença ou ausência de chapisco, totalizando seis combinações por parede. Assim foi possível verificar a influência do chapisco em cada ranhura utilizada e a evolução da resistência ao longo do tempo de cura.

As paredes foram construídas em dias consecutivos e expostas às intempéries para que sofressem o mesmo tipo de exposição e fossem classificadas como paredes de área externa, onde a presença de manifestações patológicas é superior.

Foi utilizada a massa única como sistema de revestimento utilizado nas paredes, que como já foi especificado, é constituído apenas pelo emboço sendo o chapisco opcional.

#### **3.3.4.2 Resistência de aderência à tração**

Os ensaios de resistência de aderência à tração foram executados de acordo com a NBR 13528 (ABNT, 2010). Após a execução das paredes foi feita a distribuição dos 12 corpos-de-prova em cada seção. A distribuição foi feita de modo que sejam espaçados entre si, além dos cantos e das quinas, em no mínimo 50 mm.

O revestimento foi preparado para a realização dos ensaios. Primeiramente foram feitos os cortes com uma serra copo, de 50 mm de diâmetro, até que a profundidade de 1 mm a 5 mm no substrato fosse atingida. Os cortes não devem interferir na integridade do revestimento, para isso, o equipamento de corte foi fixado de modo que penetre perpendicularmente no revestimento.

Após o corte do revestimento foi feita a colagem das pastilhas, de 50 mm de diâmetro, estas que devem ser coladas totalmente centradas no corpo-de-prova delimitado pelo corte, além disso, a espessura da cola não deve ultrapassar 5 mm.

Após a secagem da cola, verificada de acordo com o fabricante, foi iniciado o ensaio. O ensaio consiste na aplicação contínua de carga com o auxílio de um dinamômetro sobre a pastilha. Os valores registrados no dinamômetro, e a superfície onde ocorreu a ruptura foram registrados em planilhas idênticas às dos quadros 3.1 e 3.2. Os quadros devem ser escolhidos de acordo com a presença ou ausência de chapisco. A Figura 3.3 ilustra os tipos de rupturas possíveis do ensaio.

Quadro 3.1 – Coleta de dados para cada seção em parede sem chapisco.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

Quadro 3.2 – Coleta de dados para cada seção em parede com chapisco.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											

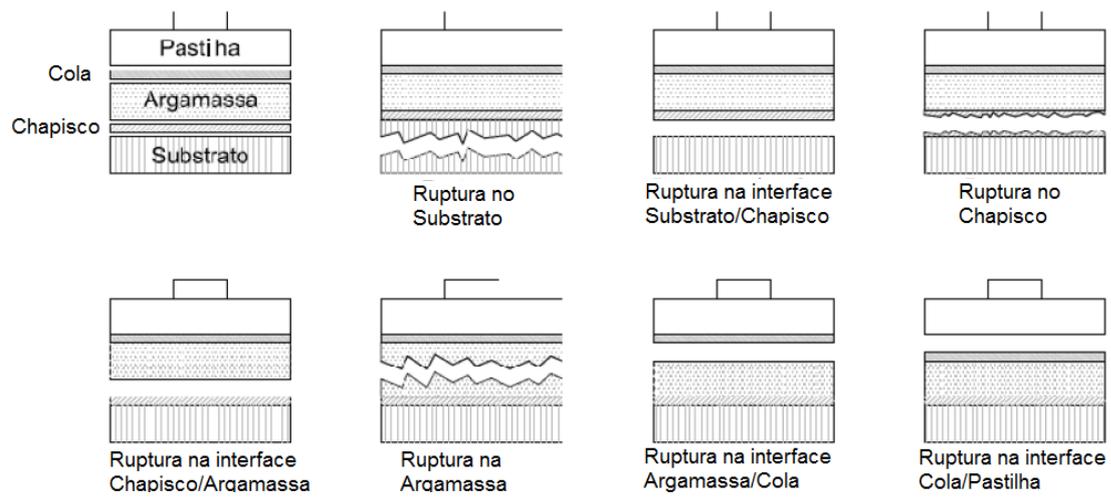


Figura 3.3 – Tipos de ruptura.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados obtidos dos ensaios propostos no programa experimental. Primeiramente serão apresentados os resultados da caracterização dos materiais, em seguida a caracterização da argamassa utilizada e, por fim, os resultados obtidos na aderência à tração nas combinações propostas.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os resultados obtidos nos ensaios de densidade real dos grãos para cada um dos materiais estão indicados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Massa específica dos materiais.

Material	Massa específica (g/cm <sup>3</sup> )
Cimento	2,968
Cal	2,309
Agregado miúdo	2,688

A Figura 4.1 ilustra a granulometria do agregado miúdo utilizado.

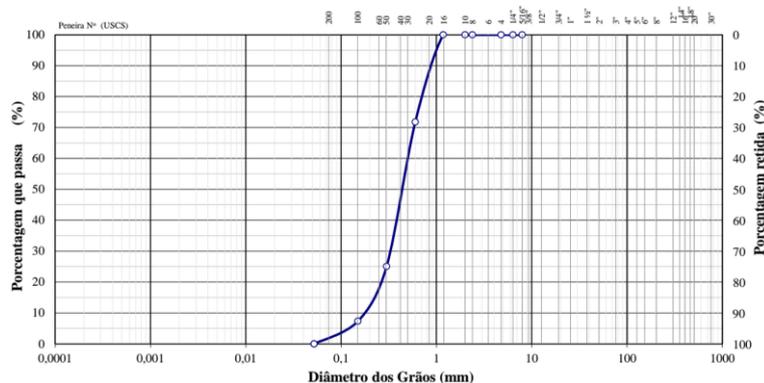


Figura 4.1 – Granulometria do agregado miúdo.

## 4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SUBSTRATO

Neste item serão abordados e analisados os resultados dos ensaios de caracterização do substrato. Os resultados individuais de cada ensaio, com o respectivo desvio padrão e coeficiente de variação, podem ser observados no apêndice A.

### 4.2.1 Características geométricas dos blocos cerâmicos

Neste item serão analisadas as características geométricas dos blocos cerâmicos que serão utilizados nos ensaios de aderência à tração, os resultados indicarão a aprovação ou reprovação do lote adquirido. A rejeição do lote deve ocorrer quando três corpos de prova do grupo de treze não atende a norma.

#### 4.2.1.1 Dimensões efetivas

Com a utilização de um paquímetro digital, foram verificadas primeiramente as dimensões efetivas e feita a certificação que o lote a ser utilizado no trabalho está em acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2005) e com a NBR 15270-3 (ABNT, 2005). Segundo as normas, os valores individuais dos blocos têm tolerância máxima de  $\pm 5\text{mm}$  e a dimensão efetiva média têm tolerância máxima de  $\pm 3\text{mm}$ . As medidas obtidas estão indicadas na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Dimensões efetivas dos blocos cerâmicos

Tipo do Bloco	Quantidade de c.p. não conforme com a norma			Largura Média	Altura Média	Comprimento Médio	Aprovado (A)
	L	H	C	(mm)	(mm)	(mm)	Rejeitado (R)
Superfície Lisa	0	0	1	141,5	188,8	288,0	(A)
Superfície Ranhurada	0	0	2	140,4	188,6	287,6	(A)

Os resultados indicam a aprovação do lote para as dimensões efetivas dos blocos cerâmicos.

#### 4.2.1.2 Desvio em relação ao esquadro

A Tabela 4.3 apresenta os resultados obtidos no ensaio de determinação do desvio em relação ao esquadro, o valor máximo a ser encontrado é de 3mm para que o lote esteja de acordo com a norma.

Tabela 4.3 – Desvio em relação ao esquadro dos blocos cerâmicos.

Tipo do Bloco	Quantidade de c.p. não conforme com a norma	Aprovado (A) Rejeitado (R)
Superfície Lisa	0	(A)
Superfície Ranhurada	1	(A)

Os resultados dos desvios em relação ao esquadro indicam a aprovação do lote para as dimensões médias efetivas dos blocos cerâmicos.

#### 4.2.1.3 Planeza das faces

A Tabela 4.4 apresenta os resultados obtidos no ensaio de determinação da planeza das faces dos blocos cerâmicos. Para que o lote seja aprovado, os valores encontrados devem se situar abaixo de 3mm.

Tabela 4.4 – Planeza das Faces dos blocos cerâmicos.

Tipo do Bloco	Quantidade de c.p. não conforme com a norma	Aprovado (A)
		Rejeitado (R)
Superfície Lisa	0	(A)
Superfície Ranhurada	0	(A)

De acordo com o resultado, ambos os blocos atenderam os requisitos da norma quanto à planeza das faces dos blocos cerâmicos.

#### 4.2.1.4 Espessuras dos septos e das paredes externas

A Tabela 4.5 apresenta os valores obtidos na determinação das espessuras dos septos e das paredes externas. Para aprovação do lote, a espessura dos septos dos blocos cerâmicos deve ser de no mínimo 6mm e das paredes externas no mínimo 7mm.

Tabela 4.5 – Espessura dos septos e das paredes externas dos blocos cerâmicos.

Tipo do Bloco	Quantidade de c.p. não conforme com a norma			
	Septos	Aprovado (A) Rejeitado (R)	Parede Externa	Aprovado (A) Rejeitado (R)
Superfície Lisa	0	(A)	0	(A)
Superfície Ranhurada	2	(A)	1	(A)

Os resultados das espessuras dos septos e das paredes externas ao esquadro indicam a aprovação do lote para as dimensões médias efetivas dos blocos cerâmicos.

## 4.2.2 Absorção de água

A Tabela 4.6 apresenta os resultados da absorção de água dos blocos cerâmicos. A NBR 15270-1 (ABNT, 2005), estabelece que o índice de absorção de água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22%.

Tabela 4.6 – Absorção de água dos blocos cerâmicos.

Tipo do Bloco	Absorção de água (%)	Aprovado (A) Rejeitado (R)
Superfície Lisa	12,2	(A)
Superfície Ranhurada	20,5	(A)

Os resultados da absorção de água indicam a aprovação do lote, entretanto, deve-se observar que a absorção de água no bloco cerâmico com superfície ranhurada é consideravelmente superior ao de superfície lisa, parâmetro que exerce influência direta na resistência de aderência à tração dos revestimentos em argamassa.

## 4.3 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO FRESCO

Neste item serão abordados e analisados os resultados dos ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco.

### 4.3.1 Índice de consistência

A Tabela 4.7 apresenta os valores da quantidade de água adicionada a mistura e suas respectivas referências. Apenas na terceira tentativa foi atingido o valor estabelecido pela NBR 13281 (ABNT, 2005).

Tabela 4.7 – Índice de consistência da argamassa.

Tentativa	Quantidade de água (g)	Relação água/aglomerante	Índice de consistência (mm)
1 <sup>a</sup>			
Tentativa	315	0,84	281
2 <sup>a</sup>			
Tentativa	280	0,747	230
3 <sup>a</sup>			
<b>Tentativa</b>	<b>300</b>	<b>0,8</b>	<b>265</b>

Com os resultados obtidos, conclui-se que a quantidade de água necessária para garantir boa trabalhabilidade da argamassa durante os ensaios restantes é de 300g de água para 1,5kg de argamassa.

### 4.3.2 Teor de ar incorporado e densidade de massa no estado fresco

Os valores obtidos nos ensaios de densidade de massa no estado fresco e do teor de ar incorporado estão indicados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 – Densidade de massa no estado fresco e teor de ar incorporado da argamassa.

Densidade de massa no estado fresco	Teor de ar incorporado
Kg/m <sup>3</sup>	(%)
1686	23,00

Os resultados obtidos nos ensaios indicam que a argamassa utilizada possui alto teor de ar incorporado, conforme referências de Sousa (2005). O alto valor do ar incorporado indica uma melhora nas propriedades da argamassa no estado fresco, mas esse alto valor pode prejudicar a extensão de aderência da interface da argamassa.

No entanto, ao se fazer a comparação do valor encontrado com o de outros trabalhos, como o de Alves (2002) que obteve valores de resistência de aderência à tração acima de 0,3MPa utilizando argamassas com teores de ar incorporado até 24%, ou como a pesquisa de Silva (2006) que obteve valores de resistência de aderência à tração acima de 0,2 MPa utilizando argamassas com teores de ar incorporado entre 22 e 24%, conclui-se assim que o valor obtido no ensaio é compatível para utilização nos ensaios de resistência de aderência à tração.

### 4.3.3 Retenção de água

Os resultados obtidos nos ensaios de retenção de água estão indicados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Retenção de água da argamassa.

Retenção de água (%)
73%

Os resultados obtidos indicam que a argamassa possui baixa retenção de água, na comparação com outros trabalhos como o de Moura (2007) que encontrou nas quatro argamassas utilizadas valores superiores a 85% de retenção de água, ou como o trabalho de Stolz (2011) que das três argamassas utilizadas em sua pesquisa, nenhuma obteve valores de retenção de água abaixo de 79%.

Além disso, em outro trabalho, Silva (2006) trabalhou com argamassas de baixa retenção de água, 61,8%, 46,8% e 58,71% e obteve, respectivamente, resistência de aderência à tração de 0,28MPa, 0,27MPa e 0,20Mpa. Portanto, pode-se concluir que mesmo com a baixa retenção de água encontrada no ensaio, a argamassa pode ser utilizada nos ensaios de aderência à tração, no entanto, como foi explicado na revisão bibliográfica, argamassas com baixa retenção de água terão melhor desempenho em substrato de absorção de água baixa, e terão pior desempenho devido a perda de água de amassamento nos substrato com alta absorção de água.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Neste item serão abordados e analisados os resultados dos ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido. Os resultados individuais de cada ensaio, com o respectivo desvio padrão e coeficiente de variação, podem ser observados no apêndice B.

#### 4.4.1 Resistência à tração na flexão

Os resultados obtidos nos ensaios de resistência à tração na flexão para os três dias de cura adotados (7,14 e 28 dias), podem ser observados na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Resistência à tração na flexão das argamassas.

Resistência à tração na flexão (MPa)		
7 Dias	14 Dias	28 Dias
1,09	1,50	1,75

Os resultados do ensaio indicam uma evolução de mais de 37,6% da resistência à tração na flexão de 7 dias para 14 dias. Pode-se concluir a resistência mecânica aos 7 dias ainda é baixa, e assim, com maior risco de romper mecanicamente durante o ensaio de resistência à tração na flexão. Além disso, os resultados obtidos estão compatíveis com os de outros pesquisadores como Moura (2007) que obteve resultados entre 0,95 e 1,9MPa utilizando argamassas convencionais preparadas em argamassadeira. Outro autores como Araújo Júnior (2004), encontrou para quatro diferentes traços convencionais a base de cimento:cal:areia resistências de 0,61MPa, 0,93MPa, 1,07MPa, 1,17MPa.

#### 4.4.2 Resistência à compressão

Os resultados obtidos nos ensaios de Resistência à compressão para os três dias de cura adotados (7, 14 e 28dias) estão indicados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Resistência à compressão.

Resistência à compressão (MPa)		
7 Dias	14 Dias	28 Dias
2,51	2,82	3,31

Na comparação com os resultados obtidos na resistência à tração na flexão, os resultados do ensaio indicam baixa evolução da resistência depois de 7 dias de cura, sendo de 12,35% até 14 dias de cura e 31,87% até 28 dias.

Ao comparar os resultados obtidos com o de outros autores, pode-se concluir que aos 28 dias a argamassa não alcançou bom desempenho, segundo Dubaj (2000), por exemplo, que obteve para argamassas de cimento:cal:areia uma resistência à compressão média de 3,99MPa para o traço 1:1:6, já os resultados de Moura (2007) para argamassas convencionais preparadas em argamassadeira variaram entre 2,75MPa e 5,53MPa. Outro exemplo é o de Candia (1998) que encontrou resistência média de 5,98MPa para argamassa industrializada.

#### 4.4.3 Absorção de água e índice de vazios

Os valores obtidos nos ensaios de absorção de água e índice de vazios podem ser observados na Tabela 4.12

Tabela 4.12 – Absorção de água e índice de vazios

Absorção de água (%)	Índice de Vazios (%)
16,79	28,61

Os resultados obtidos indicam que tanto a absorção de água quanto o índice de vazios do traço utilizado apresentam valores ligeiramente abaixo da média, conforme pesquisa de Silva (2006) que encontrou para as nove argamassas pesquisadas valores entre 17,82% e 22,46% para a absorção de água e entre 30,59% e 36,22% para o índice de vazios. Em sua pesquisa utilizando o mesmo traço do presente trabalho, 1:1:6 (cimento:cal:areia), o autor encontrou os valores de 18,22% para a absorção de água e 31,52% para o índice de vazios.

#### 4.4.4 Densidade de massa aparente

Os resultados obtidos no ensaio de densidade de massa aparente estão indicados na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Densidade de Massa aparente

Densidade de massa aparente
(kg/m <sup>3</sup> )
1769,67

Os valores de densidade de massa aparente, em geral, são inversamente proporcionais aos de índice de vazios, portanto como foi obtido um valor para o índice de vazios ligeiramente abaixo da média, deve-se encontrar um valor de densidade de massa aparente ligeiramente acima da média. Essa previsão é constatada ao comparar os resultados obtidos por Silva (2006) que encontrou para as nove argamassas pesquisadas valores entre 1512kg/m<sup>3</sup> e 1721kg/m<sup>3</sup>. Além disso, o mesmo traço utilizado neste trabalho, 1:1:6 (cimento:cal:areia) foi utilizado pelo autor e encontrado o valor de 1716kg/m<sup>3</sup>.

#### 4.4.5 Coeficiente de Capilaridade

A Tabela 4.14 apresenta os resultados do ensaio para determinação do coeficiente de capilaridade.

Tabela 4.14 – Coeficiente de capilaridade.

Coeficiente de capilaridade  (g/dm <sup>2</sup> .min <sup>1/2</sup> )
9,67

O resultado encontrado pelo ensaio de capilaridade apresenta grande similaridade ao encontrado por Stolz (2011), onde as argamassas estudadas pela autora apresentaram valores para o coeficiente de capilaridade de: 9,43; 9,26 e 9,13 g/dm<sup>2</sup>.min<sup>1/2</sup>.

#### 4.5 RESUMO DA CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA

A Tabela 4.15 apresenta um resumo dos ensaios realizados para caracterização da argamassa utilizada no trabalho para classificação segundo a NBR 13281 (ABNT 2005).

Tabela 4.15 – Resumo dos ensaios e classificação da argamassa.

Ensaio Realizado	P	M	R	C	D	U
Resultado	3,31	1769,67	1,75	9,67	1686	73
Classificação	P3	M4	R3	C5	D3	U2

Legenda: P – Resistência à compressão (MPa).

M – Densidade de massa aparente no estado endurecido ( $\text{kg/m}^3$ ).

R – Resistência à tração na flexão (MPa).

C – Coeficiente de Capilaridade ( $\text{g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$ ).

D – Densidade de massa no estado fresco ( $\text{kg/m}^3$ ).

U – Retenção de água (%)

## 4.6 ENSAIO NOS REVESTIMENTOS

### 4.6.1 Execução das paredes

As paredes foram executadas conforme descrito no programa experimental e está ilustrado pelas Figuras abaixo.

Primeiramente foram construídas duas paredes de blocos cerâmicos, a parede à esquerda foi construída com blocos cerâmicos com superfície lisa, já a parede à direita foi construída com blocos cerâmicos com superfície ranhurada, conforme pode ser observado na Figura 4.3.



Figura 4.2 – Paredes para ensaio de resistência de aderência à tração.

Como também pode ser observado na Figura 4.3, foram executados chapisco em três das seis seções em cada muro. Cada seção tem uma exata combinação de tempo de cura e presença ou não de chapisco. As especificações de cada seção estão ilustradas na Figura 4.4.

S1	S2	S3	Legenda: S1 - 7 Dias   C/ Chapisco S2 - 14 Dias   S/ Chapisco S3 - 28 Dias   C/ Chapisco S4 - 7 Dias   S/ Chapisco S5 - 14 Dias   C/ Chapisco S6 - 28 Dias   S/ Chapisco
S4	S5	S6	

Figura 4.3 – Especificações de cada seção.

Após a construção do muro e execução do chapisco, foi executado o revestimento em massa única nos dois muros construídos, conforme Figura 4.5.



Figura 4.4 – Execução do revestimento em massa única.

Em seguida à conclusão do revestimento, e passado o tempo de cura estabelecido, foi feita a delimitação dos corpos de prova com auxílio de uma serra-copo acoplada à uma furadeira. A quantidade de corpos de prova delimitados foi acima do que prevê a norma, apenas doze, o que é justificado pela perda por deslocamento de alguns corpos de prova, como pode ser observado na Figura 4.6.



Figura 4.5 – Delimitação dos corpos de prova com serra copo.

Após a delimitação dos corpos de prova, foi feita a colagem das pastilhas metálicas na superfície dos corpos de prova. Para a colagem das pastilhas foi

utilizada uma cola de cura rápida e alta resistência, conforme ilustrado na Figura 4.7.



Figura 4.6 – Colagem das pastilhas metálicas sobre a argamassa

Por fim, passado o tempo de cura especificado para cada seção, foi executado o ensaio de resistência de aderência à tração com auxílio de um dinamômetro, conforme Figura 4.8.



Figura 4.7 – Ensaio de resistência à aderência à tração.

Após a realização do ensaio foram verificadas três diferentes formas de rupturas, as Figuras 4.9, 4.10 e 4.11 ilustram as formas de rupturas obtidas.



Figura 4.8 – Ruptura na interface substrato/argamassa.



Figura 4.9 – Ruptura na interface chapisco/argamassa.



Figura 4.10 – Ruptura na argamassa.

#### 4.6.2 Resistência de aderência à tração

Os resultados dos ensaios de aderência à tração para as combinações propostas no programa experimental estão indicados nas Tabelas 4.16, 4.17 e 4.18 e ilustrados nos seus respectivos gráficos nas Figuras 4.9, 4,10 e 4.11.

Tabela 4.16 – Resistência de Aderência à tração aos 7 Dias de cura.

7 Dias de cura				
	Com chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Com ranhura	Com chapisco Com ranhura
Resistência (MPa)	0,16	0,16	0,13	0,21
Desvio P. (MPa)	0,026	0,033	0,032	0,037
C. V. (%)	11,4	14,3	24,2	17,66

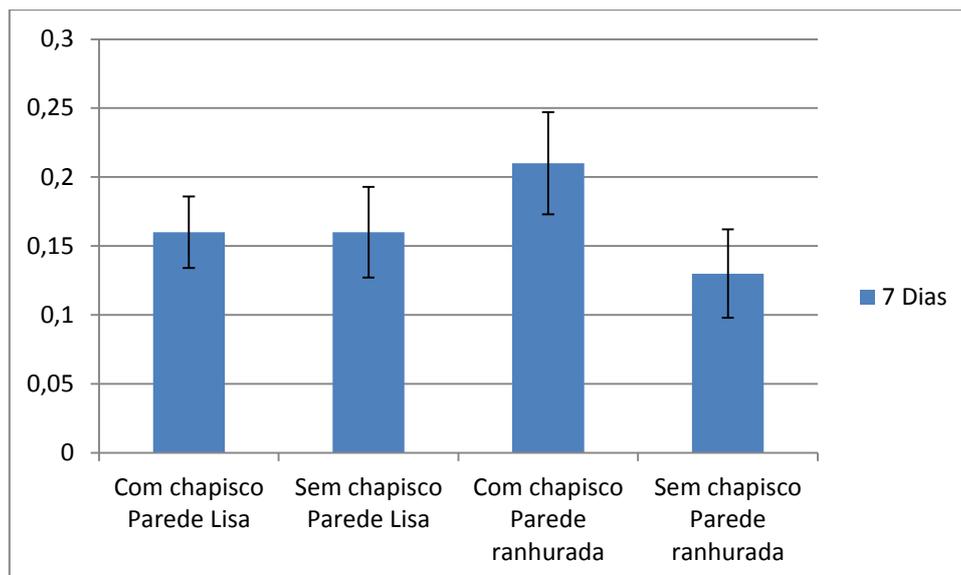


Figura 4.11 – Resistências de aderência à tração médias com 7 dias de cura.

Os resultados obtidos nos blocos com ranhura indicam a importância do chapisco no revestimento de argamassa nos primeiros dias de cura, quando foi utilizada uma argamassa com baixa retenção de água e um substrato com alta absorção, conforme resultados dos blocos com ranhura, onde houve um aumento de 61,5% da resistência com a execução do chapisco. A diferença entre esses resultados pode ser explicada pela regularização da absorção de água do substrato promovida pelo chapisco. Além disso, como pode ser observado na Tabela C.1 no Apêndice C, o tipo de ruptura predominante foi o ocorrido na argamassa, que pode ser justificada na combinação sem chapisco pela perda de água de amassamento para o substrato e conseqüentemente baixa hidratação da argamassa, já para a combinação com chapisco a possível causa foi o baixo valor encontrado na resistência mecânica aos 7 dias de cura, conforme item 4.4.1, tornando a argamassa menos resistente à solicitações do que a interface argamassa/chapisco.

Os resultados obtidos nos blocos sem ranhura indicam que a execução do chapisco não influencia na resistência nas primeiras idades de cura. Que pode ser justificado pela microancoragem promovida pela absorção de água da argamassa com baixa retenção de água pelo substrato com baixa absorção de água, ser equivalente à aderência promovida pelo chapisco, que tem a função de regularizar a absorção de água e aumentar a superfície de contato.

Tabela 4.17 – Resistência de Aderência à tração aos 14 Dias de cura.

14 Dias de cura				
	Com chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Com ranhura	Com chapisco Com ranhura
Resistência (MPa)	0,20	0,19	0,19	0,27
Desvio P. (MPa)	0,025	0,020	0,020	0,029
C. V. (%)	12,4	10,6	10,6	10,7

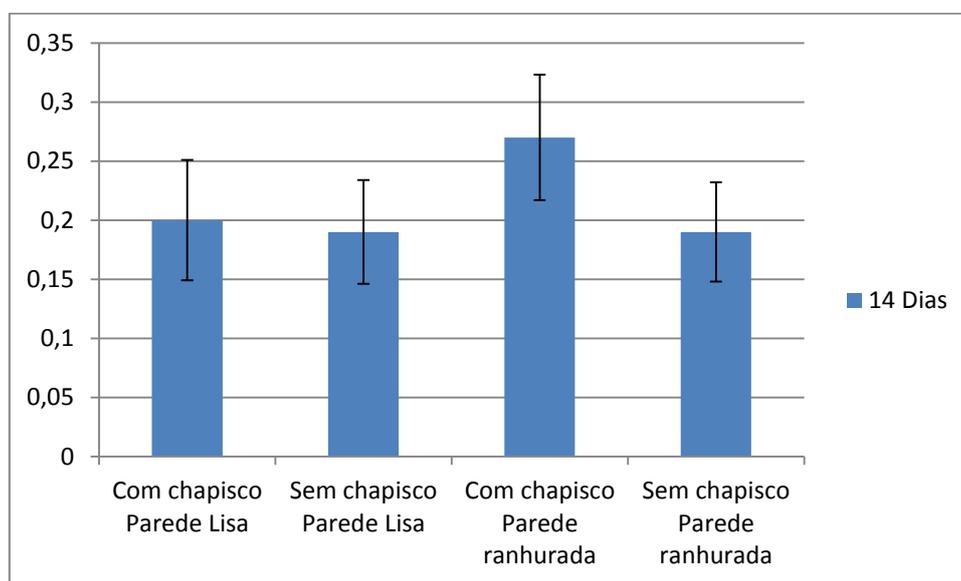


Figura 4.12 – Resistências de aderência à tração médias com 14 dias de cura.

Os resultados da resistência de aderência à tração para 14 dias de cura dos blocos cerâmicos apresentam valores similares ao de 7 dias, considerando a evolução da resistência obtida por todas as combinações com o passar do tempo de cura. O chapisco continua tendo papel fundamental na resistência de blocos cerâmicos com alta absorção de água. Além disso, como indicado nas Tabelas C.3 e C.4, o tipo de ruptura predominante passa a ser na interface argamassa/chapisco, fato de grande importância para que a comparação entre as combinações seja exclusivamente da resistência de aderência das interfaces Argamassa/substrato ou Argamassa/chapisco.

As resistências obtidas pelo bloco cerâmico com superfície lisa, baixa absorção, continuam indicando resultados similares para revestimentos com a presença ou não de chapisco.

Tabela 4.18 – Resistência de Aderência à tração aos 28 Dias de cura.

28 Dias de cura				
	Com chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Sem ranhura	Sem chapisco Com ranhura	Com chapisco Com ranhura
Resistência (MPa)	0,23	0,26	0,21	0,31
Desvio P. (MPa)	0,048	0,038	0,033	0,052
C. V. (%)	20,86	14,95	15,96	16,66

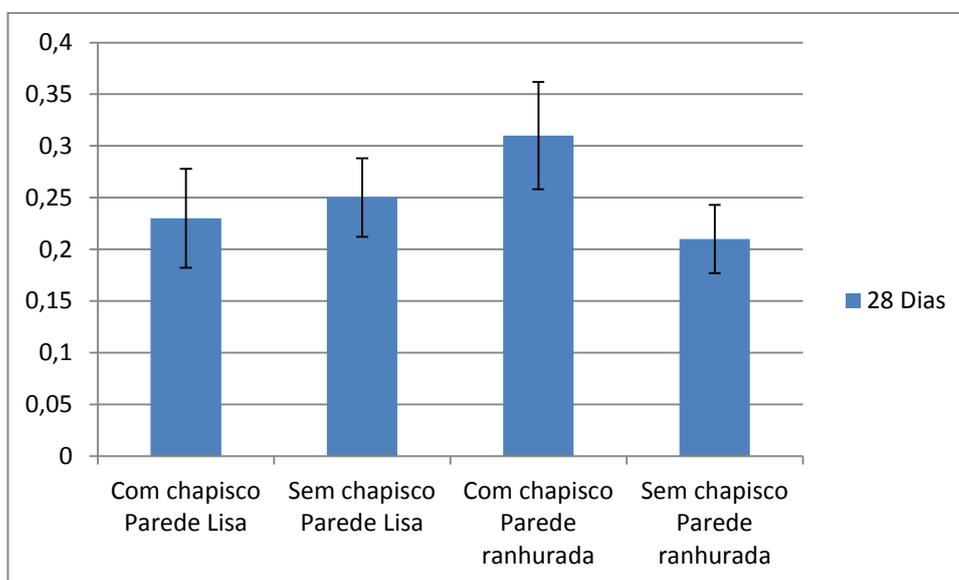


Figura 4.13 – Resistências de aderência à tração médias com 28 dias de cura.

Os resultados obtidos pela resistência aos 28 dias de cura dos blocos cerâmicos com ranhura e alta absorção, continuam indicando a eficiência da aplicação do chapisco como regularizador da absorção de água do substrato. Os

valores obtidos aos 28 dias de cura são classificados por norma, assim ambas as combinações podem ser usadas em revestimentos internos, porém, apenas com a aplicação de chapisco este traço de argamassa pode ser utilizado em revestimentos externos.

Os resultados obtidos pela resistência aos 28 dias de cura dos blocos cerâmicos com superfície lisa e baixa absorção, indicam pela primeira vez um distanciamento entre os resultados de quando o chapisco é executado e quando não é executado, no entanto, devido à alto valor obtido no desvio padrão, a diferença pode ser justificada pela alta dispersão dos resultados. Pode-se concluir assim que a aplicação do chapisco pode diminuir a resistência de aderência, mesmo que de forma sutil. Com base na norma, ambas as combinações podem ser utilizadas em paredes internas, no entanto, nenhuma pode ser utilizada em paredes externas.

A Figura 4.9 apresenta um gráfico com a evolução das resistências das quatro combinações propostas além dos três tempo de cura adotados.

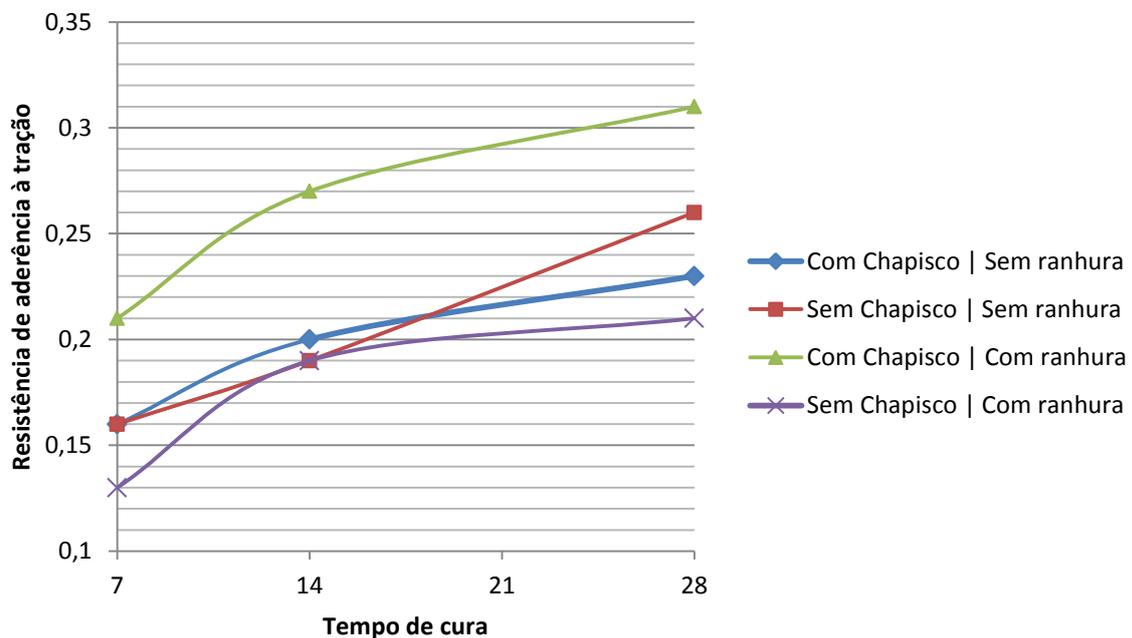


Figura 4.14 – Resultados da resistência de aderência à tração.

Pode-se concluir com os resultados que a execução do chapisco para blocos cerâmicos com superfície ranhurada e alta absorção é de grande importância,

caso seja utilizada uma argamassa com baixa retenção de água, com evolução de 61,5% na resistência aos 7 dias, 42,1% aos 14 dias e 47,6% aos 28 dias. Já para os blocos com superfície lisa e baixa absorção, os resultados são similares até alcançarem 28 dias de cura, onde existe um pequeno distanciamento entre eles, com uma vantagem de 13% para a combinação sem a aplicação de chapisco. Os resultados são compatíveis com os de outros autores, Kazmierczak *et al* (2007) por exemplo, ao utilizar um bloco cerâmico com ranhuras e de alta absorção (19,7%), houve um aumento de 66% da resistência aos 28 dias com a execução do chapisco. Kazmierczak *et al* (2007) também pesquisou um tijolo maciço com superfície lisa, porém com absorção de 17%, e verificou uma diminuição de 8,7% na resistência ao ser aplicado o chapisco.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pelos ensaios propostos no programa experimental, foi possível verificar e aprovar os blocos cerâmicos produzidos no município de Campos dos Goytacazes, além de caracterizar tanto no estado fresco quanto no endurecido o traço de argamassa de uso recorrente no município. Por fim, foi verificado o quanto o chapisco influencia na resistência de aderência à tração de paredes construídas com blocos cerâmicos com e sem ranhura.

Os resultados obtidos na caracterização de ambos os blocos cerâmicos indicaram uniformidade em suas características geométricas, os valores de dimensões efetivas, planeza das faces, desvio em relação ao esquadro, espessura das paredes externas e dos septos estão dentro dos parâmetros exigidos pela norma para aprovação. Além disto, os resultados de absorção de água para ambos os blocos cerâmicos estão dentro dos limites propostos pela norma, mesmo havendo uma considerável diferença entre eles.

Os ensaios de caracterização da argamassa no estado fresco indicaram que o traço utilizado possui baixa retenção de água e um alto valor de ar incorporado. Pode-se concluir assim que as propriedades no estado fresco apresentam bom desempenho, no entanto, esses teores podem prejudicar no desempenho no estado endurecido, inclusive no ensaio de aderência à tração.

Os resultados dos ensaios de caracterização da argamassa no estado endurecido, ao serem comparados com a de outros autores, apresentam desempenho médio para todos os ensaios, com exceção da resistência à compressão que apresentou baixo desempenho.

Os valores obtidos nos ensaios de resistência de aderência à tração indicaram bom desempenho do chapisco, quando for aplicada uma argamassa com baixa retenção de água em substrato com alta absorção de água e superfície ranhurada, onde foi registrado um aumento na resistência de 47,6% com a aplicação do chapisco aos 28 dias de cura, no entanto, o chapisco não apresentou o mesmo desempenho quando foi aplicada a mesma argamassa de baixa retenção

de água em substrato com baixa absorção de água, obtendo resultados similares para paredes com e sem aplicação do chapisco.

Pode-se concluir assim que o chapisco atua de forma significativa principalmente no controle de absorção de água do substrato, como também pode ser visto no tipo de ruptura no primeiro tempo de cura, onde a argamassa apresentou pior desempenho que a interface argamassa/chapisco e argamassa/substrato quando utilizado o substrato com alta absorção e superfície ranhurada, que pode ser justificado pela perda da água de amassamento da argamassa para o substrato e conseqüente menor hidratação do cimento.

## 5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Verificação da influência do chapisco para argamassas com alta retenção de água;
- Avaliar exclusivamente a influência das ranhuras dos blocos cerâmicos na resistência de aderência à tração;
- Verificar a hidratação do cimento e das microestruturas formadas nas interfaces argamassa/substrato, argamassa/chapisco e chapisco/substrato;
- Verificar a resistência de aderência à tração de revestimentos com tempo de cura superiores e realização de ensaios de durabilidade.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. **A versatilidade do cimento brasileiro**. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br>> Acesso em 14 mar. 2014.

ANGELIM, R. R.; ANGELIM, S. C. M.; CARASEK, H.. Influência da distribuição granulométrica da areia no comportamento dos revestimentos de argamassa. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS, 2003. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2003.

ALVES, N.J.D.(2002); **Avaliação dos aditivos incorporadores de ar em argamassas de revestimento**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 175 p.

ALVES, N.J.D.; DO Ó, s. w. **Aditivos Incorporadores de ar**. *In* Bauer, E. **Revestimento de argamassas: características e peculiaridades**. Brasília, LEM-UNB (2005). p. 30 – 37.

ALVES, J. D. **Materiais de Construção**. 6ª Ed. Coleção Didática nº 10. Editora Universidade Federal de Goiás. Goiânia 1987. 363p.

ARAFAH, A.; ALZAID, R.; AL-HADDAD, M. Influence of non-standard curing on the strength of concrete *in* arid areas. **Cement and Concrete Research**, n. 26, p.1341-1350, September. 1996.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 270-97 standard Specification for mortar unit masonry. *In: Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, Pa, 1998. V.04.05, p. 137-147.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C 926-98 standard Specification for application of Portland cement-based plaster. *In: Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia, Pa, 1991. p. 1-9.

ANTUNES, R. P. N. **Influência da reologia e da energia de impacto na resistência de aderência de revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2005. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da USP.

ARAÚJO JÚNIOR, J. M. Contribuição ao Estudo das propriedades Físico-Mecânicas das Argamassas de Revestimento. 2004. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília – DF.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7175**: Cal Hidratada para Argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.:

\_\_\_\_\_. **NBR 7200**: Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 8214**: Assentamento de azulejos - Procedimento. Rio de Janeiro, 1983.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

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

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

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

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

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

\_\_\_\_\_. **NBR 13529**: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação - Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

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

\_\_\_\_\_. **NBR NM ISO 3310-1**: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação. Parte 1: Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico. Rio de Janeiro, 2010.

AZEREDO, H. A. **O edifício e seu acabamento**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1990.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção 1**. 5 Ed. Rio de Janeiro: Ed. LCT – Livros técnicos e Científicos S.A., v. 1, p. 471, 2008a

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção 2**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Ed. LCT – Livros técnicos e Científicos S.A., v. 2, p. 960, 2008b.

CANDIA, M.C. **Contribuição ao Estudo das Técnicas de Preparo da Base no Desempenho dos revestimentos de Argamassa**. 1998. 198 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARASEK, H. **Aderência de Argamassas a Base de Cimento Portland a Substratos Porosos – Avaliação dos Fatores Intervenientes e Contribuição ao Estudo do Mecanismo de Ligação**. 1996. 285 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CARASEK, H. Argamassas. *In*: IBRACON. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, 2007. Cap. 26.

CARASEK, H.; CASCUDO, O.; SCARTEZINI, L.M. Importância dos materiais na aderência dos revestimentos de argamassa. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DAS ARGAMASSAS. 4º, Brasília, 23 a 25 de Maio de 2001. **Anais...** Brasília, PECC/ANTAC, 2001. P.43-67.

CARNEIRO, A. M. P.; CINCOTTO, M. A. **Dosagem de argamassas através de curvas granulométricas**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. Boletim Técnico n. 237.

CEMENT & CONCRETE ASSOCIATION OF AUSTRALIA. Bond strength in Masonry Construction. **Technical note**, n. 65, p. 1-8, may. 2001.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT – CSTB. D.T.U. 26.1 **Travaux d'enduits aux mortiers de liante hydrauliques – cahier des charges**. Paris, CSTB, Sept. 1978, 28p.

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION. Comportement à l'humidité des éléments de construction, application aux toitures. **Revue**, n. 1, p. 7-12. 1982.

CINCOTTO M. A.; MARQUES J. C.; HELENE P. R. L. **Propriedades das argamassas de cimento:cal:areia**. In Seminário sobre argamassas, IBRACON. São Paulo, 1985.

CINCOTTO, M. A.; QUARCIONI A. V.; JOHN M. V. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais – **Cal na Construção Civil**. V. 1. São Paulo. IBRACON, p. 695-725, 2007.

CINCOTTO, M.A.; SILVA, M.A.C.; CARASÉK, H. Argamassas de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: **Boletim 68 IPT**, 1995, 120p.

CHASE, G.W. Investigation of interface between brick and mortar. **TMS Journal**, v.3, n.2, p.T1-T9, July-Dec.1984.

COSTA,F. N.. **Processo de produção de revestimento de fachada de argamassa: Problemas e Oportunidades de melhoria**. 2005. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DÉTRICHÉ, C.H.; MASO, J.C. Differential hydration in rendering mortars. **Cement and Concrete Research**, v.16, p.429-439, 1986.

DIN 18550, PARTE 1 – **Plaster terminology and requirements, Deutsche Norm**. Berlin, DIN, 1967.

DO Ó, S. W. **Análise da Retenção de Água em Argamassas de Revestimento Aditivadas**. 2004. 133 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

DUBAJ, E. **Estudo comparativo entre traços de argamassa de revestimento utilizadas em Porto Alegre**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

EUROPEAN MORTAR INDUSTRY ORGANIZATION – EMO. History. Disponível em: <http://www.euomortar.com>. Acesso em: 13 mar. 2014.

FARIAS, M. M.; PALMEIRA M. E. Agregado para a Construção Civil. *In*: IBRACON, v.1. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo, 2007. Cap. 16.

FIORITO, A. J. S. I. **Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução**. PINI. São Paulo, 1994.

GONÇALVES, N. D. S. **Argamassas de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária**. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

GONÇALVES, S. R. C. **Variabilidade e Fatores de Dispersão da Resistência de Aderência nos Revestimento em Argamassa – Estudo de Caso**. 2004. 148p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

HELLENIC CEMENT INDUSTRY ASSOCIATION - HCIA. History of cement and concrete. Grécia, 2006. Disponível em: <http://www.hcia.gr>. Acesso em: 13 mar. 2014.

KARMIERCZAK, C. S.; BREZEZINSKI, D. E.; COLLATTO, D. Influência do Substrato na resistência de aderência à tração e na distribuição de Poros de uma argamassa. *Estudos tecnológicos, Rio Grande do Sul*, v. 3, p. 47-58, jun. 2007.

KUO, W.; HUANG, J.; LIN, C. Effects of organo-modified montmorillonite on strengths and permeability of cement mortars. **Cement and Concrete Research**, article in press, november. 2005

LARA, D.; NASCIMENTO, O.; MACEDO, A.; GALLO, G.; PEREIRA, L.; POTY, E. Dosagem de Argamassas. *In: I Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas. Goiânia, 1995. Anais... Goiânia, ANTAC, 1995. p. 63-72.*

LAWRENCE, S.J.; CAO, H.T. An experimental study of the interface brick and mortar. *In: NORTH AMERICAN MASONRY CONFERENCE, 4<sup>th</sup>, Los Angeles, 1987. Proceedings. Los Angeles, G.C.Hartanol & J.Katiotis, 1987, p.48:1-14.*

LAWRENCE, S.J.; CAO, H.T. Microstructure of the interface between brick and mortar. *In: INTERNATIONAL BRICK AND BLOCK MASONRY CONFERENCE, 8<sup>th</sup>, Dublin, Sept. 19-21, 1988. Proceedings. London, Elsevier, 1988. V.1, p.194-204.*

MARTINELLI, F. A.; HELENE, P. R. L. Usos, Funções e Propriedades das Argamassas mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimentos de Alvenaria. Boletim Técnico PCC/47. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1991.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Estrutura, Propriedades e Materiais.** São Paulo: ed. PINI, 1994.

MIBIELLI, J. G. **Estudo da aderência de revestimentos cerâmicos externos.** UFSC. Florianópolis. Santa Catarina, 1994.

MOURA, C.B. **Aderência de revestimentos externos de argamassa em substratos de concreto: Influência das condições de temperatura e ventilação na cura do chapisco.** 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MURRAY, I. H. **The adhesion of cementitious render to a Brick background.** Garston, Building Research Establishment, Aug. 1983.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** São Paulo: PINI, p. 737, 1982.

OUZIT, M.A. **Contribution a l'étude du comportement mécanique des enduits de façade a base de liants hydrauliques.** 1990. 136 f. Thèse (Doctorat) – Université Paris VI, Paris.

PAES, I. N. L. **Avaliação do Transporte de Água em Revestimentos de Argamassa nos Momentos Iniciais Pós-aplicação.** 2004. 242 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília-DF.

PAES, I. L.; BAUER, E.; CARASEK, H. Influência da estrutura de poros de argamassas mistas de blocos de concreto e cerâmico no desempenho dos revestimentos. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. Anais...* Florianópolis, 2005. p. 466-476.

PEREIRA, P. C.; CARASEK, H.; FRANCINETE JR., P. Influência da cura no desempenho de revestimentos com argamassas inorgânicas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 6., 2005, Florianópolis. Anais...* Florianópolis, 2005. p. 477-486

PETRUCCI, E. G. R. *Materiais de Construção*. 2. Ed. Porto Alegre, Globo, p. 435, 1976.

PETRUCCI, E. G. R. *Materiais de Construção*. 5ª ed. Editora Globo. Porto Alegre, 1980. 435p.

ROBINSON, G.C. Adhesion Mechanisms *in* Masonry. The American Ceramic Society Bulletin. V.75, n.2, February, 1996. P.81-86.

SABATTINI, F. H. **O processo construtivo de edifícios de alvenaria estrutural sílico calcária**. São Paulo. 1984. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

SABATTINI, F. H. **Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria Resistente**. Boletim Técnico 02/86. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.

SCARTEZINI, L. L. **Influência do tipo e preparo do substrato na aderência dos revestimentos de argamassa: estudo da evolução ao longo do tempo, influência da cura e avaliação da perda de água da argamassa fresca**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.

SCARTEZINI, L. M.; CARASEK, H. Fatores que exercem influência na resistência de aderência à tração dos revestimentos de argamassas. In:

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE ARGAMASSAS, 5., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2003. P. 251-264.

SELMO, S. M. S. **Agregados miúdos para argamassas de revestimento.** *In:* I Simpósio Nacional de Agregados. EPUSP. São Paulo, 1986. Anais.

SELMO, S.M. S. **Dosagem de argamassas de cimento Portland e cal para revestimento externo de fachada de edifícios.** São Paulo, EPUSP, 1989. Dissertação de Mestrado.

SILVA, N. G. **Argamassa de revestimento de cimento, cal e areia britada de rocha calcária.** Curitiba, UFPR, 2006. Dissertação de Mestrado.

SILVA, N. G. *et al.* **Efeitos do ar incorporado nas propriedades do estado endurecido em argamassas de cimento e areia.** Instituto Brasileiro de Concreto. Anais do 51º Congresso Brasileiro de Concreto. 14 p. 2009.

SOUSA, J. G. G. **Contribuição ao Estudo das propriedades das argamassas de revestimento no estado fresco.** 2005. 233p. Tese (Doutorado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

STOLZ, C. M. **Influência da interação entre os parâmetros reológicos de argamassas e a área potencial de contato de substrato na aderência de argamassas de revestimento.** 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TAYLOR H. F. W. Cement chemistry. London: Academic Press Limite, London 1990.

TRISTÃO, F.A. **Influência da Composição Granulométrica nas propriedades das argamassas de Revestimento.** 1995. 197 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

VOSS, W.C. Permeability of brick masonry walls: an hypothesis. **American Society for Testing and Materials, Proceedings**, Philadelphia, 1933, v.33, part2, p.670 – 691.

## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A

### RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DOS BLOCOS CERÂMICOS

Tabela A.1 – Resultados individuais do ensaio de dimensões efetivas dos blocos cerâmicos.

Identificação	Bloco com superfície lisa			Bloco com superfície ranhurada		
	L (cm)	H (cm)	C (cm)	L (cm)	H (cm)	C (cm)
1	14,2	19,1	28,8	14,2	19	<b>28,4</b>
2	14,1	18,9	28,6	13,9	18,8	28,9
3	14,3	18,8	28,9	14,1	18,8	28,7
4	14	18,8	28,8	14,2	18,7	28,9
5	13,9	18,9	28,9	14	18,9	<b>28,4</b>
6	14,1	18,9	<b>28,4</b>	14,3	18,8	28,8
7	14,3	18,7	28,8	14,1	18,9	28,9
8	14,4	18,9	28,8	13,8	19,1	28,7
9	14,1	19	28,9	13,9	19	28,9
10	14,2	19	28,9	13,7	18,8	28,6
11	14	18,8	28,8	14,2	18,7	28,9
12	14,1	18,7	28,9	14,3	18,8	28,9
13	14,2	18,9	28,9	13,8	18,9	28,9
Média	14,15	18,88	28,80	14,04	18,86	28,76
Desvio P.	0,14	0,12	0,15	0,20	0,12	0,19
C. V.	0,98	0,62	0,51	1,44	0,63	0,66

Tabela A.2 – Resultados individuais do ensaio de desvio em relação ao esquadro e planeza das faces dos blocos cerâmicos.

Identificação	Bloco com superfície lisa		Bloco com superfície ranhurada	
	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)	Desvio em relação ao esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)
1	1	0	1,5	0
2	1,5	0,5	2	0,5
3	0,5	0	1,5	1
4	1	0	1	1,5
5	1	1	1,5	0
6	0,5	0,5	1,5	0
7	1	0	2	0,5
8	0,5	1	2	1
9	1	0,5	1,5	0,5
10	0,5	1	2	0
11	1,5	0	1	1,5
12	1,5	0	1	0
13	1	0,5	<b>3,5</b>	1
Média	0,96	0,38	1,69	0,58

Tabela A.3 – Resultados individuais para absorção de água.

Identificação	Absorção de água (%)	
	Bloco com superfície lisa	Bloco com superfície ranhurada
1	21,5	12,6
2	20,1	12,2
3	20,8	12,1
4	20,2	11,9
5	20,3	11,8
6	20,1	12,6
Média	14,15	14,04
Desvio P.	0,55	0,34
C. V.	2,71	2,79

## APÊNDICE B

### RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Tabela B.1 – Resultados individuais para resistência à tração na flexão e à compressão

Identificação	Resistência à tração na flexão (MPa)			Resistência à compressão (MPa)		
	7 Dias	14 Dias	28 Dias	7 Dias	14 Dias	28 Dias
1	1,15	1,22	1,76	2,51	2,82	3,31
2	1,08	1,29	1,43	2,40	2,89	3,48
3	1,13	1,43	1,52	2,36	2,71	3,26
4	1,17	1,36	1,45	2,72	2,68	3,44
5	1,24	1,52	1,49	2,44	2,76	3,41
6	1,2	1,48	1,58	2,66	3,01	3,21
Média	1,16	1,38	1,54	2,45	2,87	3,07
Desvio P.	0,06	0,12	0,12	2,51	2,82	3,31
C. V.	4,80	8,33	7,85	0,15	0,13	0,16

Tabela B.2 – Resultados individuais para absorção de água e índice de vazios.

Identificação	$m_s$ (g)	$m_{sat}$ (g)	$m_i$ (g)	Absorção de água (%)	Índice de vazios (%)
1	432	255,1	505,96	17,12	29,48
2	423	233,6	495,64	17,17	27,72
3	416	247,3	485,62	16,74	29,21
4	415	242,2	482	16,14	27,94
5	433	252,5	505,57	16,76	28,68
6	424	247	495	16,75	28,63
Média	423,83	246,28	494,97	16,78	28,61
Desvio P.	7,63	7,69	9,89	0,37	0,69
C. V.	1,80	3,12	2,00	2,19	2,41

Legenda:

$m_s$  – Massa da amostra seca em estufa.

$m_{sat}$  – Massa da amostra saturada em água após imersão e fervura;

$m_i$  – Massa da amostra saturada imersa em água após fervura.

Tabela B.3 – Resultados individuais para densidade de massa aparente.

Identificação	Média das dimensões			Massa (g)	Densidade de massa aparente (kg/m <sup>3</sup> )
	L (mm)	H (mm)	C (mm)		
1	159,77	39,88	37,34	434,22	1825,28
2	159,67	40,89	39,13	441,72	1728,78
3	160,00	40,62	38,23	436,08	1754,94
Média	159,81	40,46	38,24	437,34	1769,66
Desvio P.	0,17	0,53	0,90	3,91	49,91
C. V.	0,11	1,30	2,35	0,89	2,82

Tabela B.4 – Resultados individuais para o coeficiente de capilaridade.

Identificação	$m_0$ (g)	$m_{10}$ (g)	$m_{90}$ (g)	Coeficiente de capilaridade (%)
1	434,22	438,58	445,61	7,03
2	441,73	450,18	462,50	12,318
3	436,08	442,34	452,00	9,659
Média	437,34	443,70	453,37	9,67
Desvio P.	3,91	5,92	8,53	2,64
C. V.	0,89	1,33	1,88	27,35

## APÊNDICE C

### RESULTADOS INDIVIDUAIS DOS ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA NO ESTADO ENDURECIDO

Tabela C.1 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso com chapisco e 7 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	255,25	0,13				100				
2	1963,50	353,43	0,18				100				
3	1963,50	373,06	0,19				80	20			
4	1963,50	215,98	0,11				100				
5	1963,50	274,89	0,14				100				
6	1963,50	333,79	0,17				100				
7	1963,50	314,16	0,16				90	10			
8	1963,50	392,70	0,2				100				
9	1963,50	706,86	0,36*				20	80			
10	1963,50	294,52	0,15				90	10			
11	1963,50	314,16	0,16				100				
12	1963,50	333,79	0,17				100				
		Média	0,16								
		Desvio	0,026								
		C. V.	16,54								

(\*) – Valor não contabilizado na média.

Tabela C.2 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso sem chapisco e 7 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	353,43	0,18		100				
2	1963,50	333,79	0,17		100				
3	1963,50	608,68	0,31*		40	60			
4	1963,50	235,62	0,12		100				
5	1963,50	412,33	0,21		100				
6	1963,50	255,25	0,13		90	10			
7	1963,50	255,25	0,13		80	20			
8	1963,50	294,52	0,15		100				
9	1963,50	353,43	0,18		100				
10	1963,50	137,44	0,07*		100				
11	1963,50	392,70	0,2		80	20			
12	1963,50	235,62	0,12		90	10			
Média			0,16						
Desvio			0,033						
C. V.			21,06						

Tabela C.3 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado com chapisco e 7 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	333,79	0,17				80	20			
2	1963,50	412,33	0,21					100			
3	1963,50	530,14	0,27				20	80			
4	1963,50	490,87	0,25				20	80			
5	1963,50	451,60	0,23					100			
6	1963,50	471,24	0,24					100			
7	1963,50	373,06	0,19					100			
8	1963,50	392,70	0,2					100			
9	1963,50	431,97	0,22				10	90			
10	1963,50	353,43	0,18					100			
11	1963,50	274,89	0,14					100			
12	1963,50	471,24	0,24				20	80			
		Média	0,21								
		Desvio	0,037								
		C. V.	17,66								

Tabela C.4 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado sem chapisco e 7 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	176,71	0,09			100			
2	1963,50	353,43	0,18			100			
3	1963,50	215,98	0,11			100			
4	1963,50	196,35	0,1			100			
5	1963,50	353,43	0,18			100			
6	1963,50	294,52	0,15			100			
7	1963,50	255,25	0,13		20	80			
8	1963,50	333,79	0,17			100			
9	1963,50	215,98	0,11		10	90			
10	1963,50	215,98	0,11			100			
11	1963,50	274,89	0,14			100			
12	1963,50	215,98	0,11		20	80			
		Média	0,13						
		Desvio	0,032						
		C. V.	24,20						

Tabela C.5 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso com chapisco e 14 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	530,14	0,27				80	20			
2	1963,50	353,43	0,18				100				
3	1963,50	255,25	0,13				90	10			
4	1963,50	294,52	0,15				100				
5	1963,50	431,97	0,22				90	10			
6	1963,50	490,87	0,25				100				
7	1963,50	255,25	0,13				100				
8	1963,50	353,43	0,18				100				
9	1963,50	549,78	0,28				100				
10	1963,50	451,60	0,23				90	10			
11	1963,50	373,06	0,19				100				
12	1963,50	392,70	0,2				100				
		Média	0,20								
		Desvio	0,051								
		C. V.	25,25								

Tabela C.6 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso sem chapisco e 14 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	373,06	0,19		100				
2	1963,50	510,51	0,26		100				
3	1963,50	353,43	0,18		80	20			
4	1963,50	490,87	0,25		100				
5	1963,50	431,97	0,22		100				
6	1963,50	412,33	0,21		80	20			
7	1963,50	314,16	0,16		100				
8	1963,50	353,43	0,18		100				
9	1963,50	431,97	0,22		90	10			
10	1963,50	294,52	0,15		100				
11	1963,50	294,52	0,15		100				
12	1963,50	215,98	0,11		90	10			
Média			0,19						
Desvio			0,044						
C. V.			23,21						

Tabela C.7 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado com chapisco e 14 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	451,60	0,23				100				
2	1963,50	647,95	0,33				90	10			
3	1963,50	608,68	0,31				100				
4	1963,50	431,97	0,22				80	20			
5	1963,50	667,59	0,34				100				
6	1963,50	490,87	0,25				100				
7	1963,50	471,24	0,24				70	30			
8	1963,50	471,24	0,24				90	10			
9	1963,50	471,24	0,24				100				
10	1963,50	569,41	0,29				100				
11	1963,50	196,35	0,1*				100				
12	1963,50	549,78	0,28				90	10			
		Média	0,27								
		Desvio	0,042								
		C. V.	15,63								

Tabela C.8 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado sem chapisco e 14 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	785,40	0,4*		100				
2	1963,50	490,87	0,25		80	20			
3	1963,50	235,62	0,12		100				
4	1963,50	510,51	0,26		100				
5	1963,50	392,70	0,2		90	10			
6	1963,50	412,33	0,21		100				
7	1963,50	314,16	0,16		90	10			
8	1963,50	235,62	0,12		80	20			
9	1963,50	274,89	0,14		100				
10	1963,50	373,06	0,19		100				
11	1963,50	314,16	0,16		100				
12	1963,50	510,51	0,26		100				
		Média	0,19						
		Desvio	0,053						
		C. V.	28,10						

Tabela C.9 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso com chapisco e 28 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	373,06	0,19				90	10			
2	1963,50	353,43	0,18				100				
3	1963,50	431,97	0,22				90	10			
4	1963,50	510,51	0,26				100				
5	1963,50	589,05	0,3				90	10			
6	1963,50	608,68	0,31				100				
7	1963,50	549,78	0,28				100				
8	1963,50	353,43	0,18				100				
9	1963,50	373,06	0,19				100				
10	1963,50	373,06	0,19				90	10			
11	1963,50	412,33	0,21				100				
12	1963,50	451,60	0,23				100				
		Média	0,23								
		Desvio	0,048								
		C. V.	20,86								

Tabela C.10 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato liso sem chapisco e 28 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	412,33	0,21		80	20			
2	1963,50	392,70	0,2		90	10			
3	1963,50	569,41	0,29		100				
4	1963,50	510,51	0,26		100				
5	1963,50	589,05	0,3		100				
6	1963,50	589,05	0,3		100				
7	1963,50	490,87	0,25		80	20			
8	1963,50	471,24	0,24		100				
9	1963,50	510,51	0,26		90	10			
10	1963,50	549,78	0,28		100				
11	1963,50	471,24	0,24		100				
12	1963,50	373,06	0,19		100				
		Média	0,25						
		Desvio	0,038						
		C. V.	14,95						

Tabela C.11 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado com chapisco e 28 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)							
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Chap	Chap	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	706,86	0,36				100				
2	1963,50	667,59	0,34				100				
3	1963,50	451,60	0,23				90	10			
4	1963,50	549,78	0,28				90	10			
5	1963,50	726,49	0,37				100				
6	1963,50	785,40	0,4				100				
7	1963,50	589,05	0,3				100				
8	1963,50	687,22	0,35				100				
9	1963,50	549,78	0,28				80	20			
10	1963,50	569,41	0,29				80	20			
11	1963,50	510,51	0,26				90	10			
12	1963,50	530,14	0,27				100				
Média			0,31								
Desvio			0,052								
C. V.			16,66								

Tabela C.12 – Resultados individuais de resistência de aderência à tração para o substrato ranhurado sem chapisco e 28 dias de cura.

Corpo de prova		Carga de ruptura (N)	Tensão Ra (Mpa)	Forma de ruptura (%)					
nº	Área (mm)			Sub.	Sub/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola	Cola/Past
1	1963,50	431,97	0,22		100				
2	1963,50	510,51	0,26		100				
3	1963,50	353,43	0,18		100				
4	1963,50	333,79	0,17		100				
5	1963,50	294,52	0,15		100				
6	1963,50	451,60	0,23		80	20			
7	1963,50	490,87	0,25		100				
8	1963,50	471,24	0,24		80	20			
9	1963,50	373,06	0,19		100				
10	1963,50	392,70	0,2		100				
11	1963,50	412,33	0,21		100				
12	1963,50	392,70	0,2		100				
		Média	0,21						
		Desvio	0,033						
		C. V.	15,96						